

การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อค่าใช้จ่ายของการบูรณะทางผิวแอสฟัลต์
ด้วยวิธีการหมุนเวียนวัสดุชั้นทางเดิมมาใช้งานใหม่แบบในที่

นายฐาปนา สุทธิธาทิพย์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาโครงสร้างพื้นฐานทางวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2551

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ANALYSIS OF FACTORS AFFECTING COSTS OF PAVEMENT IN-PLACE RECYCLING

Mr. Thapana Sutthithathip

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
For the Degree of Master of Engineering Program in Infrastructure in Civil Engineering

Department of Civil Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2008

Copyright of Chulalongkorn University

511735

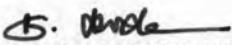
Thesis Title ANALYSIS OF FACTORS AFFECTING COSTS OF
PAVEMENT IN-PLACE RECYCLING

By Mr. Thapana Sutthithathip


Field of Study Infrastructure in Civil Engineering

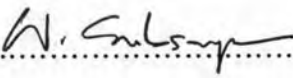
Advisor Associate Professor Wisanu Subsompon, Ph.D.


Accepted by the Faculty of Engineering, Chulalongkorn University in Partial
Fulfillment of the Requirements for the Master's Degree

.....Dean of the Faculty of Engineering
(Associate Professor Boonsom Lerdkhironwong, Dr.Ing.)

THESIS COMMITTEE

.....Chairman
(Assistant Professor Vachara Peansupap, Ph.D.)

..... Advisor
(Associate Professor Wisanu Subsompon, Ph.D.)

.....Examiner
(Assistant Professor Manoj Lohatepanont, Sc.D.)

ฐาปนา สุทธิธาทิพย์: การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อค่าใช้จ่ายของการบูรณะทางผิวแอสฟัลต์ด้วยวิธีการหมุนเวียนวัสดุชั้นทางเดิมมาใช้งานใหม่แบบในที่ (ANALYSIS OF FACTORS AFFECTING COSTS OF PAVEMENT IN-PLACE RECYCLING) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ร.ศ. ค.ร. วิเศษ ทรัพย์สมพล, 183 หน้า.

ในงานบูรณะทางผิวแอสฟัลต์ด้วยวิธี Pavement in-place recycling ของกรมทางหลวงและกรมทางหลวงชนบทจะใช้วิธีการว่าจ้างผู้รับเหมาให้ดำเนินการ โดยได้กำหนดวงเงินงบประมาณในการว่าจ้างจากราคากลาง งาน Pavement in-place recycling จะมีวิธีการคำนวณต้นทุนค่าใช้จ่ายจากสูตรคำนวณต้นทุน จึงเกิดปัญหาข้อสงสัยขึ้นว่าวิธีการคิดราคากลางของกรมทางหลวงและกรมทางหลวงชนบทนั้นมีความแตกต่างจากวิธีการคำนวณต้นทุนการรับเหมาและกำไรของผู้รับเหมาอย่างไร งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยและตัวแปรที่มีผลต่อการคิดราคากลางงาน Pavement in-place recycling และวิเคราะห์ปัจจัยและตัวแปรที่มีผลต่อการคิดต้นทุนการรับเหมาและกำไรของผู้รับเหมา อันนำไปสู่แนวทางการปรับปรุงวิธีการคิดราคากลาง จากการวิเคราะห์โครงสร้างราคากลางและโครงสร้างต้นทุนการรับเหมาพบว่า ราคากลางงาน Pavement in-place recycling ซึ่งแยกออกเป็น 2 ส่วนคือ ค่างานต้นทุน และค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน ประกอบด้วยค่าใช้จ่ายทั้งหมด 22 รายการ และต้นทุนการรับเหมา ซึ่งแยกออกเป็น 2 ส่วนคือ ค่าใช้จ่ายทางตรง และค่าใช้จ่ายทางอ้อม ประกอบด้วยค่าใช้จ่ายย่อยทั้งหมด 26 รายการ

เมื่อนำค่าใช้จ่ายต่างๆ ในราคากลางกับค่าใช้จ่ายต่างๆ ในต้นทุนการรับเหมาและกำไรของผู้รับเหมา มาระบุลงในหมวดค่าใช้จ่ายหลักซึ่งประกอบด้วย ค่าวัสดุก่อสร้าง ค่าแรงงานและเครื่องจักรกล ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน กำไร และภาษี จากผลเปรียบเทียบหมวดค่าใช้จ่ายหลักจะพบว่าในหมวดค่าแรงงานและเครื่องจักรกล ในราคากลางจะมีค่าสูงกว่าในต้นทุนการรับเหมาเป็นอย่างมาก ทั้งนี้ค่าใช้จ่ายซึ่งก่อให้เกิดความแตกต่างเป็นอย่างมากคือ ค่าลงทุน ค่าซ่อมบำรุง และค่าเสื่อมราคา โดยมาจากการกำหนดปัจจัยซึ่งได้แก่ ชนิด จำนวน ราคาจำหน่าย และมูลค่าซากของเครื่องจักรประเภทต่างๆ ที่แตกต่างกัน

จากผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อราคากลางทำให้เห็นแนวทางในการปรับปรุงวิธีการคิดราคากลางโดยมีอยู่ด้วยกัน 3 แนวทางคือ 1) การปรับปรุงวิธีการคิดค่าวัสดุก่อสร้าง โดยควรจะมีการทดสอบคุณสมบัติวัสดุผิวจราจรเดิมเพื่อคำนวณหาสัดส่วนผสมของปริมาณปูนซีเมนต์ที่ต้องใช้จริงในแต่ละงานไปแทนที่จะเป็นการใช้ค่าคงที่จากราง 2) การปรับปรุงวิธีการคิดค่าแรงงานและเครื่องจักรกล โดยการคำนวณค่าลงทุน ค่าซ่อมบำรุง และค่าเสื่อมราคาสมควรที่จะแก้ไขราคาจำหน่ายเครื่องจักรกลใหม่ให้สอดคล้องกับราคาจำหน่ายจริงในท้องตลาด ในส่วนชนิดและจำนวนของเครื่องจักรกลที่ได้กำหนดไว้ เป็นไปได้ที่จะตัดในส่วนของรถบรรทุกปูนซีเมนต์ และรถบรรทุกน้ำออก 3) การปรับปรุงวิธีการคิดค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน เนื่องจากงาน Pavement in-place recycling เป็นงานที่ใช้ระยะเวลาในการปฏิบัติงานสั้น ดังนั้นโครงการใดก็ตามที่สามารถปฏิบัติงานในส่วนงาน Pavement in-place recycling ในช่วงนอกฤดูฝนได้ก็สมควรเป็นอย่างยิ่งที่จะคิดค่า Factor F เป็นกรณีฝนปกติ ถึงแม้จะอยู่ในพื้นที่จังหวัดที่มีสภาพฝนตกชุกก็ตาม

ภาควิชา...วิศวกรรมโยธา.....
สาขาวิชา...โครงสร้างพื้นฐานทางวิศวกรรมโยธา....
ปีการศึกษา.....2551.....

ลายมือชื่อนิสิต..... ฐาปนา สุทธิธาทิพย์.....
ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก.....

4871623521: MAJOR INFRASTRUCTURE IN CIVIL ENGINEERING

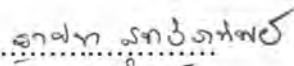
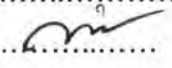
KEYWORDS: PAVEMENT IN-PLACE RECYCLING / PAVEMENT REHABILITATION

THAPANA SUTTHITHATHIP: ANALYSIS OF FACTORS AFFECTING COSTS OF PAVEMENT IN-PLACE RECYCLING. THESIS ADVISOR: ASSOC. PROF. WISANU SUBSOMPON, Ph.D., 183 pp.

All of pavement rehabilitation projects with pavement in-place recycling of DOH & DOR will be operated by employing contractors. The total cost for employing can be calculated from the standard estimation of road. Since DOH & DOR use a formula that comes from many factors and variables for estimating direct costs of pavement in-place recycling, it has a problem that what different between total cost estimation of DOH & DOR, and total cost estimation of the contractor is. The objectives of this research are to analyze factors and variables affecting total cost of pavement in-place recycling of DOH & DOR and to analyze factors and variables affecting costs & profit of pavement in-place recycling of the contractor. The study aims to find some guidelines for improving total cost estimation of DOH & DOR. From analysis of total cost structure, we find that total cost of DOH & DOR can be divided into direct costs and operation costs that consist of 22 costs. The total cost of the contractor can be divided into direct costs and indirect costs that consist of 26 costs.

By identifying costs in total cost of DOH & DOR, and costs in total cost of the contractor into group of costs that consists of materials costs, labor and machine costs, operation costs, profit, and TAX, it can find that the labor and machine costs of DOH & DOR is higher than the contractor. The costs that are significantly caused of difference are investment cost, maintenance costs and depreciation. The difference in defining factors such as type, number, prices, and salvage value of machines is the major factors affecting these costs.

From the analysis of factors affecting costs of pavement in-place recycling, we can find some guidelines for improving total cost estimation of DOH & DOR in 3 ways that comprise of 1) Materials costs estimation improvement by using percentage of cement from field test instead of using from the tables. 2) Labor and machine costs estimation improvement by using update new machine prices from sale agencies for calculating investment cost, maintenance cost and depreciation cost. In addition, the cement truck and water truck may be not included in total cost estimation. 3) Operation costs estimation improvement by using Factor F in case normal rain for project that is operated out of rainy season even though this area is located in rainy area.

Department..... Civil Engineering..... Student's Signature... 
 Field of Study ...Infrastructure in Civil Engineering... Advisor's Signature..... 
 Academic Year ...2008.....

ACKNOWLEDGEMENTS

Firstly, I would like to thank my advisor, Associate Professor Dr. Wisanu Subsompon while I working on this thesis. He always made his time available for me to discuss my research. I also thank him for his guidance, help and support in my academic life during working on my thesis. I also express thanks to Assistant Professor Dr. Vachara Peansupap and Assistant Professor Dr. Manoj Lohatepanont for being my examination committee. Their suggestions and comments on the proposal examination as well as on the thesis examination are invaluable for the next step of my research.

I also thanks to officers in Bureau of Highways Maintenance Management Department of Highways and officers in Bureau of Maintenance and Traffic Safety Department of Rural Roads for giving useful data for my research.

I am indebted and deeply thanks to my parents for their years of unfailing love, caring and support. It is to them that I dedicated this thesis.

TABLE OF CONTENTS

	Page
Abstract (Thai).....	iv
Abstract (English)	v
Acknowledgements.....	vi
Table of Contents.....	vii
List of Figures.....	xi
List of Tables.....	xiv
1. CHAPTER I INTRODUCTION.....	1
1.1. Problem Statement.....	1
1.2. Objectives	2
1.3. Scope of Work	2
1.4. Research Methodology	3
1.5. Benefits of this work.....	4
2. CHAPTER II LITERATURE REVIEW	5
2.1. Road Pavement	5
2.2. Pavement Structure	5
2.3. Pavement Maintenance	6
2.4. Pavement Maintenance Costs.....	7
2.5. Pavement In-Place Recycling Technique.....	10
2.5.1. Pavement Recycling	10
2.5.2. In-Place Recycling	11
2.5.3. Cold-Mix Recycling.....	11
2.5.4. Cold In-Place Recycling or Pavement In-Place Recycling	12
2.5.5. Materials Used in Pavement In-Place Recycling	13
2.5.6. Machines Used in Pavement In-Place Recycling	13
2.6. Selecting Pavement In-Place Recycling for Pavement Rehabilitation.....	19
2.6.1. Guidelines for Selecting Pavement In-Place Recycling Method....	19
2.6.2. Advantages and Benefits of Selecting Pavement In-Place Recycling.....	20
2.6.3. Basic Criteria for Selecting Pavement In-Place Recycling.....	22

	Page
2.6.4. Comparison the Differences between Pavement In-Place Recycling and Conventional Method	23
2.7. Energy consumption and Costs in Pavement In-Place Recycling	24
2.7.1. Energy Consumption in Pavement In-Place Recycling	25
2.7.2. Costs in Pavement In-Place Recycling	26
2.8. Chapter Conclusion.....	28
3. CHAPTER III COLLECTING DATA AND DATA ANALYSIS	30
3.1. Total Costs Estimation in Pavement In-Place Recycling of DOH and DOR.....	30
3.1.1. Total Costs Estimation in Pavement In-Place Recycling in an Example Project of DOH	44
3.1.2. Analysis of Factors Affecting Total Costs of Pavement In-Place Recycling in an Example Project of DOH	49
3.1.3. Total Costs Structure of Pavement In-Place Recycling in an Example Project of DOH.....	53
3.1.4. Total Costs Estimation in Pavement In-Place Recycling in an Example Project of DOR	58
3.1.5. Analysis of Factors Affecting Total Costs of Pavement In-Place Recycling in an Example Project of DOR.....	64
3.1.6. Total Costs Structure of Pavement In-Place Recycling in an Example Project of DOR.....	68
3.2. Total Costs Estimation in Pavement In-Place Recycling of the Contractor	73
3.2.1. Total Costs Estimation in Pavement In-Place Recycling of the Contractor in an Example Project of DOH	90
3.2.2. Analysis of Factors Affecting Total Costs of Pavement In-Place Recycling of the Contractor in an Example Project of DOH.....	96
3.2.3. Total Costs Structure of Pavement In-Place Recycling of the Contractor in an Example Project of DOH.....	98
3.2.4. Total Costs Estimation in Pavement In-Place Recycling of the Contractor in an Example Project of DOR	103
3.2.5. Analysis of Factors Affecting Total Costs of Pavement In-Place Recycling of the Contractor in an Example Project of DOR.....	108

	Page
3.2.6. Total Costs Structure of Pavement In-Place Recycling of the Contractor in an Example Project of DOR	111
3.3. Chapter Conclusion	116
4. CHAPTER IV RESULTS AND DISCUSSION.....	117
4.1. Factors Affecting Costs of Pavement In-Place Recycling.....	117
4.1.1. Factors Affecting Total Costs of Pavement In-Place Recycling of DOH & DOR.....	117
4.1.2. Factors Affecting Total Costs of Pavement In-Place Recycling of the Contractor.....	122
4.2. Comparison Between Costs in Total Costs of Pavement In-Place Recycling.of DOH & DOR and Costs in Total Costs of the Contractor in Example Projects	127
4.2.1. The Difference Between Costs in Total Costs of Pavement In-Place Recycling and Costs in Total Costs of the Contractor in an Example Project of DOH.....	127
4.2.2. The Difference Between Costs in Total Costs of Pavement In-Place Recycling and Costs in Total Costs of the Contractor in an Example Project of DOR.....	131
4.3. Factors Being Cause of Difference Between Costs in Total Costs of DOH & DOR and Costs in Total Costs of the Contractor.....	135
4.3.1. Factors Being Cause of Difference Between Costs in Total Costs of DOH and Costs in Total Costs of the Contractor.....	135
4.3.2. Factors Being Cause of Difference Between Costs in Total Costs of DOR and Costs in Total Costs of the Contractor	140
4.4. Guidelines for Improving Total Costs Estimation in Pavement In-Place Recycling of DOH & DOR.....	145
4.4.1. Materials Costs Estimation Improvement.....	145
4.4.2. Labor and Machine Costs Estimation Improvement.....	145
4.4.3. Operation Costs Estimation Improvement	146
5. CHAPTER V CONCLUSION AND RECOMMENDATION.....	147
References.....	150

	Page
Appendices.....	153
Appendix A Machine Operating Costs, Depreciation Costs and Delivery Costs Tables.....	154
Appendix B Factor F Tables for Road Construction	161
Appendix C Operation Costs Calculation for Road Construction.....	168
Appendix D Portland cement type I prices.....	172
Appendix E Minimum daily wage.....	176
Appendix F Machine Prices and Operating Costs of Pavement In-Place Recycling Machine.....	176
Biography.....	183

LIST OF FIGURES

		Page
Figure 2.1	Asphaltic pavement structure.....	5
Figure 2.2	Cold-milling machine	15
Figure 2.3	Mix and paver machine	15
Figure 2.4	Cold recycler	16
Figure 2.5	Rotation of milling drum.....	16
Figure 2.6	Track mount of cold recycler	17
Figure 2.7	Paving modified RAP materials	18
Figure 2.8	Vibrating roller and tire roller	18
Figure 2.9	Guideline for selecting pavement rehabilitation methods.....	19
Figure 2.10	Guideline for selecting pavement in-place recycling	19
Figure 2.11	Machines used in conventional methods.....	25
Figure 2.12	Machines used in pavement in-place recycling.....	25
Figure 3.1	Flow chart for total cost estimation in pavement in-place recycling..	33
Figure 3.2	Component of factors affecting operation costs (Factor F normal)....	42
Figure 3.3	Component of factors affecting operation costs (Factor F rainy).....	43
Figure 3.4	Proportion of costs in total costs of pavement in-place recycling in the example project of DOH.....	54
Figure 3.5	Proportion of costs in direct costs of pavement in-place recycling in the example project of DOH.....	54
Figure 3.6	Proportion of costs in operation costs of pavement in-place recycling in the example project of DOH.....	54
Figure 3.7	Proportion of all costs in direct costs of pavement in-place recycling in the example project of DOH	56
Figure 3.8	Proportion of all costs in operation costs of pavement in-place recycling in the example project of DOH.....	56
Figure 3.9	Total costs structure of pavement in-place recycling in the example project of DOH.....	57
Figure 3.10	Proportion of costs in total costs of pavement in-place recycling in the example project of DOR.....	69

Figure 3.11	Proportion of costs in direct costs of pavement in-place recycling in the example project of DOR.....	69
Figure 3.12	Proportion of costs in operation costs of pavement in-place recycling in the example project of DOR.....	69
Figure 3.13	Proportion of all costs in direct costs of pavement in-place recycling in the example project of DOR.....	71
Figure 3.14	Proportion of all costs in operation costs of pavement in-place recycling in the example project of DOR.....	71
Figure 3.15	Total costs structure of pavement in-place recycling in the example project of DOR.....	72
Figure 3.16	Flow chart for total costs estimation in pavement in-place recycling of the contractor.....	78
Figure 3.17	Proportion of costs in total costs of pavement in-place recycling of the contractor in the example project of DOH	98
Figure 3.18	Proportion of costs in direct costs of pavement in-place recycling of the contractor in the example project of DOH.....	99
Figure 3.19	Proportion of all costs in direct costs of pavement in-place recycling of the contractor in the example project of DOH.....	100
Figure 3.20	Proportion of all costs in indirect costs of pavement in-place recycling of the contractor in the example project of DOH.....	101
Figure 3.21	Total costs structure of pavement in-place recycling of the contractor in the example project of DOH.....	102
Figure 3.22	Proportion of costs in total costs of pavement in-place recycling of the contractor in the example project of DOR.....	111
Figure 3.23	Proportion of costs in direct costs of pavement in-place recycling of the contractor in the example project of DOR.....	112
Figure 3.24	Proportion of all costs in direct costs of pavement in-place recycling of the contractor in the example project of DOR.....	113
Figure 3.25	Proportion of all costs in indirect costs of pavement in-place recycling of the contractor in the example project of DOR.....	114
Figure 3.26	Total costs structure of pavement in-place recycling of the contractor in the example project of DOR.....	115

	Page
Figure 4.1	Comparison costs in main costs between DOH and the contractor... 130
Figure 4.2	Main costs structure of pavement in-place recycling in the example project of DOH..... 130
Figure 4.3	Main costs structure of pavement in-place recycling of the contractor in the example project of DOH..... 130
Figure 4.4	Comparison costs in main costs between DOR and the contractor... 134
Figure 4.5	Main costs structure of pavement in-place recycling in the example project of DOR..... 134
Figure 4.6	Main costs structure of pavement in-place recycling of the contractor in the example project of DOR..... 134

LIST OF TABLES

		Page
Table 2.1	Comparison pavement maintenance costs between done by self and employing the contractor.....	9
Table 2.2	The average cost of work in pavement maintenance of DOR in 2004.....	9
Table 2.3	Comparison the difference of operational process between pavement in-place recycling and the conventional method.....	23
Table 2.4	Comparison the difference of machines and waste in process between pavement in-place recycling and the conventional method.....	24
Table 2.5	Comparison costs of rehabilitation between pavement in-place recycling and the conventional method in case a quarry has distance 100 km. from the site.....	26
Table 2.6	Costs comparison between pavement in-place recycling and conventional method.....	27
Table 3.1	Quantity of asphalt/cement used at different depth for DOH.....	31
Table 3.2	Quantity of asphalt/cement used at different depth for DOR.....	32
Table 3.3	Repair factor of machines.....	35
Table 3.4	Machine operator wage.....	35
Table 3.5	Ownership costs and operating costs for fuel price at 15.50 Baht/liter.....	36
Table 3.6	Fixed costs of pavement in-place recycling machines	37
Table 3.7	Running costs of pavement in-place recycling machines.....	37
Table 3.8	Monthly prices of Portland cement type I at factory (not include VAT) in 2007.....	39
Table 3.9	Materials prices and delivery costs in the example project of DOH..	45
Table 3.10	Total costs estimation in the example project of DOH.....	48
Table 3.11	Operation costs and Factor F in rainy case in the example project of DOH.....	51
Table 3.12	Materials prices and delivery costs in the example project of DOR..	59
Table 3.13	Bill of quantity for direct costs in the example project of DOR.....	61

	Page
Table 3.14	Total costs estimation in the example project of DOR..... 63
Table 3.15	Operation costs and Factor F in normal rain case in the example project of DOR..... 76
Table 3.16	New pavement in-place recycling machines prices..... 79
Table 3.17	Operating costs of pavement in-place recycling machines 81
Table 3.18	Staff costs in the example project of DOH..... 93
Table 4.1	Factors affecting total costs of pavement in-place recycling of DOH and DOR..... 120
Table 4.2	Factors affecting total costs of pavement in-place recycling of the contractor..... 125
Table 4.3	Comparison between costs in total costs of pavement in-place recycling and costs in total costs & profit of the contractor in the example project of DOH..... 128
Table 4.4	Comparison between costs in total costs of pavement in-place recycling and costs in total costs & profit of the contractor in the example project of DOR..... 132
Table A.1	Machine operating costs and depreciation cost in case fuel prices 15.00 – 39.99 Baht..... 154
Table A.2	Delivery costs in case of fuel prices 25.00 -25.99 Baht/liter..... 157
Table A.3	Delivery costs in case of fuel prices 29.00 -29.99 Baht/liter..... 159
Table B.1	Factor F case 1..... 162
Table B.2	Factor F case 2..... 162
Table B.3	Factor F case 3..... 163
Table B.4	Factor F case 4..... 163
Table B.5	Factor F case 5..... 164
Table B.6	Factor F case 6..... 164
Table B.7	Factor F case 7..... 165
Table B.8	Factor F case 8..... 165
Table B.9	Factor F case 9..... 166
Table B.10	Factor F case 10..... 166
Table B.11	Factor F case 11..... 167
Table B.12	Factor F case 12..... 167

	Page
Table C.1	Performance bond fee..... 168
Table C.2	Contracting costs..... 169
Table C.3	Site office and vehicles costs..... 169
Table C.4	Percentage of site office and vehicles costs in direct costs..... 169
Table C.5	Staff and headquarter costs..... 170
Table C.6	Percentage of staff and headquarter in direct costs..... 170
Table C.7	Percentage of administrative costs in direct costs..... 171
Table C.8	Percentage of interest costs in direct costs..... 171
Table C.9	Percentage of profit in direct costs..... 171
Table D.1	Monthly prices of Portland cement type I elephant brand at provinces (not include VAT) in 2007..... 172
Table E.1	Minimum daily wage..... 176