การเพิ่มอัตราการทำลายผิวถนนคอนกรีตเสริมเหล็กในลักษณะเป็นช่องแคบ โดยการพัฒนาเครื่องมือทำลายคอนกรีตรูปแบบใหม่

นายพลสินธุ์ สุวรรณ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2546

ISBN 974-17-3630-4

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

PRODUCTIVITY IMPROVEMENT FOR DEMOLITION OF NARROW CHANNEL REINFORCED CONCRETE PAVEMENT BY DEVELOPING A NEW CONCRETE DEMOLITION TOOL

Mr. Pholsin Suwan

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Civil Engineering
Department of Civil Engineering
Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Academic Year 2003

ISBN 974-17-3630-4

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การเพิ่มอัตราการทำลายผิวถนนคอนกรีตเสริมเหล็กในลักษณะเป็นช่องแคบ โดยการพัฒนาเครื่องมือทำลายคอนกรีตรูปแบบใหม่
โดย	นายพลสินธุ์ สุวรรณ
สาขาวิชา	วิศวกรรมโยธา
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร.ธนิต ธงทอง

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(ศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ ปัญญาแก้ว)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมบูรณ์ ลุวีระ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(รองศาสตราจารย์ ดร.ธนิต ธงทอง)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.วิศณุ ทรัพย์สมพล)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิง คุณะวัฒน์สถิตย์)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิสุทธิ์ ช่อวิเชียร)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พลสินธุ์ สุวรรณ : การเพิ่มอัตราการทำลายผิวถนนคอนกรีตเสริมเหล็กในลักษณะเป็นช่องแคบ โดยการพัฒนาเครื่องมือทำลายคอนกรีตรูปแบบใหม่. (Productivity improvement for demolition of narrow channel reinforced-concrete pavement by developing a new concrete demolition tool) อ. ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ ดร.ธนิต ธงทอง, 160 หน้า. ISBN 974-17-3630-4

ในการวางท่อประปาในเขตตัวเมืองมักจะหลีกเลี่ยงไม่ได้ที่แนวท่อประปาจะต้องตัดผ่านแนวถนนคอนกรีตเสริมเหล็ก ซึ่งในบางจุดที่แนวท่อประปาตัดผ่านมีความจำเป็นที่จะต้องมีการตัดและทำลายผิวถนนคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยลักษณะการตัดและทำลายผิวถนนคอนกรีตเสริมเหล็กจะเป็นลักษณะเป็นแนวช่องแคบ ซึ่งความกว้างของช่องแคบที่จะทำลายขึ้นอยู่กับเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อประปาที่ตัดผ่าน โดยความกว้างของช่องประมาณ 30 – 50 เซนติเมตร และผิวถนนคอนกรีตมีความหนา 15 – 20 เซนติเมตร จากการสำรวจข้อมูลจากผู้รับเหมางานวางท่อประปาจำนวน 22 ราย พบว่าในขั้นตอนการเจาะทำลายผิวถนนคอนกรีตนั้นผู้รับเหมางานวางท่อประปา ส่วนมากนิยมใช้เครื่องเจาะคอนกรีตชนิดอาศัยแรงกระแทกจากแรงอัดอากาศ อย่างไรก็ตามการใช้เครื่องมือดังกล่าวยังประสบปัญหาดังนี้คือ ชุดเครื่องมือมีราคาสูง มีเสียงดังต่อผู้ที่อยู่ใกล้เคียง ไม่สะดวกในการเคลื่อนย้าย และไม่ปลอดภัยต่อผู้ปฏิบัติงาน

ในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาแนวทางการเพิ่มอัตราการทำลายผิวถนนคอนกรีตและแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในการใช้เครื่องเจาะคอนกรีตชนิดอาศัยแรงกระแทกจากแรงอัดอากาศ โดยแนวทางที่เลือกใช้คือการออกแบบและสร้างเครื่องมือทำลายคอนกรีตชนิดใหม่คือ “เครื่องทุบคอนกรีตชนิดชักรอก” ซึ่งในขั้นตอนการเจาะทำลายผิวถนนคอนกรีตจะนำเครื่องทุบคอนกรีตชนิดชักรอกมาทำการทดสอบทำลายผิวถนนคอนกรีตเสริมเหล็กแทนการใช้เครื่องเจาะคอนกรีตชนิดอาศัยแรงกระแทกจากแรงอัดอากาศขนาด 90 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที โดยผลการทดสอบเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้เครื่องเจาะคอนกรีตชนิดอาศัยแรงกระแทกจากแรงอัดอากาศได้ผลดังนี้คือ อัตราการทำลายผิวถนนคอนกรีตสูงขึ้นคิดเป็นร้อยละ 51.9 ต้นทุนการผลิตลดลง การเคลื่อนย้ายสะดวกขึ้น ผู้ปฏิบัติงานมีความปลอดภัยมากขึ้น และส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมลดลง

ภาควิชา...วิศวกรรมโยธา..... ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา..วิศวกรรมโยธา..... ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา ...2546.....

4470429621 : MAJOR CIVIL

KEY WORD : CONCRETE DEMOLITION TOOL / PNEUMATIC BREAKER / PRODUCTIVITY

PHOLSIN SUWAN : PRODUCTIVITY IMPROVEMENT FOR DEMOLITION OF NARROW CHANNEL REINFORCED CONCRETE PAVEMENT BY DEVELOPING A NEW CONCRETE DEMOLITION TOOL. THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. Tanit Tongthong, Ph.D. 160 pp. ISBN 974-17-3630-4

To install the water supply pipes in a city, demolition of reinforced concrete pavement is usually found due to the intersection of water pipes and concrete roads. The demolition is normally a 30 – 50 centimeters narrow channel with 15 – 20 centimeters of concrete thickness, depending on the sizes of installed pipes. From the interviews of 22 water supply system contractors, the traditional tool that most water supply system contractors use for demolishing concrete pavement is a pneumatic breaker. However, the pneumatic breaker has many disadvantages to Thai Contractors. First, this demolition tool is expensive since it is imported from overseas. It produces noise and vibration to operators and nearby residents. It is also inconvenient to move and provides unfavourable conditions to the operators if they operate it for long time.

This research is a study of the productivity improvement of reinforced concrete pavement demolition. The proposed alternative is a design and development of a new concrete demolition tool. The developed tool utilizes the direct impact of the 113 kilograms hammer on reinforced concrete pavement to break concrete into pieces. It is experimented to compare with the popularly used 90 cubic foot per minute pneumatic breaker. The results show that the average productivity of concrete demolition increases by 51.9 percents. The new tool produces lower noise and vibration and increase safety for operators. Since it is produced locally, the cost of development is comparatively very low. Although it has some limitations to be improved, the tool offers a better mobilization with a shorter time to be installed.

Department ....Civil Engineering..... Student's signature .....

Field of study..Civil Engineering..... Advisor's signature .....

Academic year .....2003.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีเนื่องด้วยได้รับการช่วยเหลือเป็นอย่างดีจาก รองศาสตราจารย์ ดร.ธนิต ธงทอง อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งกรุณาให้คำแนะนำ ข้อคิด และถ่ายทอดความรู้ตลอดการทำวิทยานิพนธ์จนประสบความสำเร็จด้วยดี ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณอาจารย์ประยูร สตารัตน์ หัวหน้าภาควิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ที่ให้ความอนุเคราะห์เกี่ยวกับเครื่องวัดความดังเสียง และขอขอบพระคุณ คุณพิพัฒน์ จิระสุข ที่ให้ความอนุเคราะห์เกี่ยวกับเครื่องมือวัดการสั่นสะเทือน

อย่างไรก็ตามวิทยานิพนธ์นี้สำเร็จขึ้นได้เนื่องด้วยมีกำลังใจจาก คนรอบข้าง เพื่อนๆ ที่คอยห่วงใยถามถึง และให้กำลังใจตลอดมา

ประโยชน์และคุณค่าอันพึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นกตัญญุตาบูชาแด่บิดามารดา ครูอาจารย์ ตลอดจนผู้มีประคุณทุกท่าน

พลสินธุ์ สุวรรณ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....จ
กิตติกรรมประกาศ.....ฉ
สารบัญตาราง.....ญ
สารบัญภาพ.....ฏ

บทที่

1. บทนำ 1
   1.1 ปัญหาและความสำคัญ 2
   1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 3
   1.3 ขอบเขตของงานวิจัย 3
   1.4 วิธีดำเนินงานวิจัย 4
   1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....6
2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 7
   2.1 ทฤษฎีและความรู้เกี่ยวกับอัตราผลิตภาพ 7
   2.2 เทคนิคที่นำมาใช้ในการพัฒนาอัตราผลิตภาพในงานก่อสร้าง 13
      2.2.1 ตัวอย่างการออกแบบและพัฒนาเครื่องมือเพื่อเพิ่มอัตราผลิตภาพงานก่อสร้าง.....17
      2.2.2 การออกแบบการทดลองและการวัดอัตราผลิตภาพของเครื่องมือก่อสร้าง 22
      2.2.3 เครื่องมือและเครื่องจักรที่ใช้ทำลายคอนกรีตในปัจจุบัน 24
   2.3 สรุปผลการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 29
3. การศึกษาและวิเคราะห์การทำลายผิวถนนคอนกรีตในลักษณะเป็นช่องแคบ 30
   3.1 การศึกษาการทำลายผิวถนนคอนกรีตเสริมเหล็กในลักษณะเป็นช่องแคบของผู้รับเหมาวางท่อประปา 30

บทที่ หน้า

3.1.1 การศึกษาเครื่องมือที่ผู้รับเหมางานวางท่อประปาใช้ในการทำลายผิวถนนคอนกรีตเสริมเหล็กในลักษณะเป็นช่องแคบ 30
3.1.2 วิเคราะห์และสรุปวิธีที่ผู้รับเหมาวางท่อประปาใช้ในการทำลายผิวถนนคอนกรีตเสริมเหล็กในลักษณะเป็นช่องแคบ.....39
3.2 การศึกษาขั้นตอนการเจาะทำลายผิวถนนคอนกรีตในลักษณะเป็นช่อแคบโดยวิธีที่ 2 43
3.2.1 ขั้นตอนการเจาะทำลายผิวถนนคอนกรีตในลักษณะเป็นช่องแคบโดยวิธีที่ 2 43
3.2.2 ขั้นตอนการเจาะทำลายผิวถนนคอนกรีตแสดงด้วยแผนภาพการเคลื่อนที่ 44
3.2.3 ขั้นตอนการเจาะทำลายผิวถนนคอนกรีตแสดงด้วยเทคนิคการถ่ายภาพนิ่ง.....47
3.3 การวิเคราะห์การทำงานของเครื่องมือในขั้นตอนของการทำลายผิวถนนคอนกรีตเพื่อหาแนวทางในการเพิ่มอัตราการทำลายผิวถนนคอนกรีตเสริมเหล็ก 49
3.3.1 การวิเคราะห์การกำหนดขอบเขตในการเจาะทำลายคอนกรีตด้วยเครื่องตัดคอนกรีต 49
3.3.2 การวิเคราะห์การเจาะทำลายคอนกรีตด้วยเครื่องเจาะคอนกรีตชนิดอาศัยแรงกระแทกจากแรงอัดอากาศ 50
3.4 สรุปการศึกษาการทำลายผิวถนนคอนกรีตในลักษณะเป็นช่องแคบ 51
4. การออกแบบและสร้างเครื่องมือ 52
4.1 แนวทางการออกแบบเครื่องมือ 52
4.2 จุดประสงค์ของออกแบบและพัฒนาเครื่องมือชนิดใหม่.....54
4.3 หลักการทำงานของเครื่องมือทำลายคอนกรีตชนิดใหม่.....55
4.4 ส่วนประกอบของเครื่องทุบคอนกรีตชนิดชักรอก.....61
4.5 การประมาณต้นทุนของเครื่องทุบคอนกรีตชนิดชักรอก.....71
4.6 ขั้นตอนการสร้างเครื่องทุบคอนกรีตชนิดชักรอก 73
5. การทดสอบเครื่องมือและการวิเคราะห์ 79
5.1 การทดสอบความสามารถและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของเครื่องมือ 79
5.1.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ 79
5.1.2 ลักษณะของผิวถนนคอนกรีตเสริมเหล็กที่ทำการทดสอบความสามารถ.....80

บทที่ หน้า

5.1.3 ขั้นตอนในการทดสอบ 81
5.1.4 ผลการทดสอบ 86
5.1.4.1 ผลการทดสอบการทำลายผิวถนนคอนกรีตเสริมเหล็ก 86
5.1.4.2 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม 91
5.1.5 การวิเคราะห์ผลการทดสอบความสามารถและผลกระทบต่อ
สิ่งแวดล้อมของเครื่องมือทั้งสองชนิด 94
5.2 การทดสอบเครื่องมือในภาคสนาม.....98
5.2.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ 98
5.2.2 ขั้นตอนในการทดสอบ 99
5.2.3 ผลการทดสอบ 102
5.2.4 สรุปการวิเคราะห์อัตราการทำลายผิวถนนคอนกรีตเสริมเหล็ก 107
5.3 การเก็บข้อมูลค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน 107
5.3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ 108
5.3.2 ขั้นตอนการทดสอบ 109
5.3.3 ผลการทดสอบ 109
5.3.4 สรุปผลการเก็บรวบรวมข้อมูล 116
5.4 สรุปผลการทดสอบเครื่องมือ 117
6. สรุป ปัญหา และข้อเสนอแนะ 119
6.1 สรุป 119
6.2 ปัญหาและข้อเสนอแนะ 123
รายการอ้างอิง 126
ภาคผนวก.....129
ภาคผนวก ก 130
ภาคผนวก ข 133
ภาคผนวก ค 137
ภาคผนวก ง 143
ภาคผนวก จ 155
ประวัติผู้เขียน 160

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

3.1 ความสามารถในการรับงานระบบประปาของผู้รับเหมาจำนวน 22 ราย 31

3.2 ผลการสัมภาษณ์ผู้รับเหมางานวางท่อประปาจำนวน 22 ราย.....34

3.3 ตารางสรุปการสัมภาษณ์ผู้รับเหมางานวางท่อประปาจำนวน 22 ราย 39

3.4 ตารางสรุปเหตุผลการเลือกใช้วิธีในการทำลายผิวถนนคอนกรีตของ
ผู้รับเหมางานวางท่อประปาจำนวน 22 ราย 40

3.5 การวิเคราะห์เหตุผลของผู้รับเหมางานวางท่อประปา 40

5.1 ผลการวัดความดังเสียงเครื่องทุบคอนกรีตชนิดชักรอก.....91

5.2 ผลการวัดความดังเสียงเครื่องเจาะคอนกรีตชนิดอาศัยแรงกระแทก
จากแรงอัดอากาศ.....91

5.3 ผลการเปรียบเทียบความดังเสียง 92

5.4 ผลการวัดการสั่นสะเทือนของพื้นถนนคอนกรีตเสริมเหล็กของเครื่องทุบคอนกรีต
ชนิดชักรอก 93

5.5 ผลการวัดการสั่นสะเทือนของพื้นถนนคอนกรีตเสริมเหล็กของเครื่องเจาะคอนกรีต
ชนิดอาศัยแรงกระแทกจากแรงอัดอากาศ 93

5.6 ผลการเปรียบเทียบการสั่นสะเทือนของพื้นถนนคอนกรีต 94

5.7 แสดงระดับเสียงต่อเวลาการทำงานซึ่งจะต้องลดลงตามส่วนที่กำหนด 97

5.8 แสดงลักษณะของผิวถนนคอนกรีตเสริมเหล็กที่ทำการทดสอบ 102

5.9 แสดงกำลังอัดของคอนกรีต 103

5.10แสดงเวลาที่ใช้ในการทำลายผิวถนนคอนกรีตเสริมเหล็กในแต่ละจุดของ
เครื่องเจาะคอนกรีตชนิดอาศัยแรงกระแทกจากแรงอัดอากาศและ
เครื่องทุบคอนกรีตชนิดชักรอก 104

5.11 แสดงอัตราการทำลายผิวถนนคอนกรีตเสริมเหล็กในแต่ละจุด
(ปริมาตรคอนกรีตต่อเวลาที่ใช้) 105

5.12 แสดงอัตราการทำลายผิวถนนคอนกรีตเสริมเหล็กในแต่ละจุด
(พื้นที่คอนกรีตต่อเวลาที่ใช้) 106

5.13แสดงลักษณะของผิวถนนคอนกรีตเสริมเหล็กและอัตราการทำลายผิว
ถนนคอนกรีตเสริมเหล็กของเครื่องทุบคอนกรีตชนิดชักรอกต่อวัน 109

ตารางที่ หน้า

5.14 แสดงกำลังอัดคอนกรีตทั้ง 6 จุด 113
5.15 แสดงลักษณะของผิวถนนคอนกรีตเสริมเหล็กและอัตราการทำลายผิว
ถนนคอนกรีตเสริมเหล็กของเครื่องเจาะคอนกรีตชนิดอาศัยแรงกระแทก
จากแรงอัดอากาศต่อวัน 114
5.16 แสดงกำลังอัดคอนกรีตทั้ง 4 จุด 114
5.17 แสดงค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน 115
5.18 แสดงการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานต่อการทำลายผิวถนน
คอนกรีตหนึ่งหน่วย 115

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

รูปที่ หน้า

2.1 ASME Symbols 14

2.2 แสดง Work Study Flowchart 15

2.3 แสดงตำแหน่งการติดตั้งของ CRANIUM Camera 18

2.4 แสดง Sensor-Integrated Nailer 19

2.5 แสดงการใช้งานของ ENS Prototype 2 20

2.6 แสดงรูปรถตอกเสาเข็ม 21

2.7 แสดง Hydraulic Breaker 24

2.8 แสดง Pneumatic Breaker 25

2.9 แสดง Demolition Hammer 26

2.10 แสดง Concrete Cutting 27

3.1 แสดงการใช้เครื่องตัดคอนกรีตเซาะร่องลึก 2 นิ้วเพื่อเป็นขอบเขตในการทำลาย ผิวถนนคอนกรีต ซึ่งมีความกว้างในช่วง 40 เซนติเมตร 38

3.2 แสดงรูปเครื่องเจาะคอนกรีตชนิดอาศัยแรงกระแทกจากแรงอัดน้ำมันไฮดรอลิค ซึ่งติดที่ปลายแขนของรถขุดชนิดตักหน้า – ขุดหลัง 38

3.3 แสดงการใช้เครื่องเจาะคอนกรีตชนิดอาศัยแรงกระแทกจากแรงอัดอากาศ 39

3.4 แสดงความหมายของ ASME Symbols 44

3.5 แสดงขั้นตอนที่ 3.2.1.1 ด้วยแผนภาพการเคลื่อนที่ 44

3.6 แสดงขั้นตอนที่ 3.2.1.2 ด้วยแผนภาพการเคลื่อนที่ 45

3.7 แสดงขั้นตอนที่ 3.2.1.3 ด้วยแผนภาพการเคลื่อนที่ 45

3.8 แสดงขั้นตอนที่ 3.2.1.4 ด้วยแผนภาพการเคลื่อนที่ 46

3.9 แสดงขั้นตอนที่ 3.2.1.5 ด้วยแผนภาพการเคลื่อนที่ 46

3.10 แสดงขั้นตอนการใช้เครื่องตัดคอนกรีตเพื่อเซาะแนวร่องลึก 1 – 2 นิ้ว เพื่อกำหนดขอบเขตการทำลาย 47

3.11 แสดงขั้นตอนการเจาะทำลายคอนกรีตของเครื่องเจาะคอนกรีตชนิดอาศัยแรงกระแทกจากแรงอัดอากาศ 47

3.12 แสดงการนำเศษคอนกรีตที่แตกแล้วออก 48

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่ หน้า

3.13 แสดงการขุดดินเพื่อทำการวางท่อประปาโดยให้ระยะระหว่างหลังท่อประปากับผิวดินเดิมเท่ากับ 80 เซนติเมตร สำหรับการวางท่อประปาขนาดไม่เกิน 250 มิลลิเมตร 48
4.1 แสดงขนาดหัวเจาะทำลายของ Pneumatic Breaker และ Hydraulic Breaker 55
4.2 แสดงกว้านชนิดที่อาศัยอัตราทดของเฟือง 58
4.3 แสดงกว้านชนิดที่อาศัยความหนืดระหว่างรอกและเชือกปอมะนิลา.....58
4.4 แสดงเครื่องทุบคอนกรีตชนิดชักรอก (รูปด้านซ้าย) 59
4.5 แสดงเครื่องทุบคอนกรีตชนิดชักรอก (รูปด้านขวา) 60
4.6 แสดงโครงฐานของเครื่องทุบคอนกรีตชนิดชักรอก 62
4.7 แสดงขนาดของลูกตุ้มเหล็ก 64
4.8 แสดงตำแหน่งของลวดสลิงและเชือกปอมะนิลาที่ใช้ในเครื่องทุบคอนกรีตชนิดชักรอก 65
4.9 แสดงรูปวาดแสดงขั้นตอนการถอดเครื่องยนต์และท่อเหล็กค้ำยัน 66
4.10 แสดงรูปถ่ายของขั้นตอนการถอดเครื่องยนต์และท่อเหล็กค้ำยัน 66
4.11 แสดงรูปวาดของการเอียงท่อบังคับแนวแล้วปลดสลักรองลูกตุ้ม 65
4.12 แสดงรูปถ่ายของการเอียงท่อบังคับแนวแล้วปลดสลักรองลูกตุ้ม 67
4.13 แสดงรูปวาดชุดกว้านชนิดที่อาศัยความหนืดระหว่างรอกและเชือกปอมะนิลา.....68
4.14 แสดงรูปถ่ายของชุดกว้านชนิดที่อาศัยความหนืดระหว่างรอกและเชือกปอมะนิลา.....68
4.15 แสดงรูปวาดของรอกส่งกำลังขับจากเครื่องยนต์ 69
4.16 แสดงรูปถ่ายของรอกส่งกำลังขับจากเครื่องยนต์ 69
4.17 แสดงรูปวาดของรอกทดแรง 70
4.18 แสดงรูปถ่ายของรอกทดแรง 70
4.19 แสดงขั้นตอนการสร้างโครงฐาน 73
4.20 แสดงขั้นตอนการประกอบชุดกว้านเข้ากับโครงฐาน 73
4.21 แสดงขั้นตอนการประกอบค้ำยันแนวดิ่ง สายพาน และเครื่องยนต์เข้ากับโครงฐาน 74
4.22 แสดงขั้นตอนการประกอบท่อบังคับแนวลูกตุ้มเหล็ก 74
4.23 แสดงขั้นตอนการประกอบชุดรอกที่ติดกับท่อบังคับแนว 75

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.24 แสดงขั้นตอนการประกอบท่อบังคับแนวเข้ากับโครงฐานด้วยสลัก 75
4.25 แสดงขั้นตอนการประกอบค้ำยันแนวเอียง 76
4.26 แสดงเครื่องทุบคอนกรีตชนิดชักรอกที่ประกอบเสร็จแล้ว Version I 76
4.27 แสดงเครื่องทุบคอนกรีตชนิดชักรอก Version II 77
5.1 แสดงลักษณะของถนนคอนกรีตเสริมเหล็กที่ทำการทดสอบ 80
5.2 แสดงขั้นตอนการใช้เครื่องตัดคอนกรีตเซาะร่องแนวลึก 2 นิ้ว 83
5.3 แสดงขั้นตอนการใช้เครื่องเจาะคอนกรีตชนิดอาศัยแรงกระแทกจาแรงอัดอากาศ 83
5.4 แสดงขั้นตอนการใช้เครื่องทุบคอนกรีตชนิดชักรอก 84
5.5 แสดงเครื่องวัดความดังเสียงและเครื่องวัดการสั่นสะเทือน (จากซ้ายไปขวา) 84
5.6 แสดงขั้นตอนการวัดความดังเสียง 85
5.7 แสดงขั้นตอนการวัดการสั่นสะเทือนที่ระยะห่างจากจุดกระแทก 1.0 เมตร 85
5.8 แสดงลักษณะการแตกของผิวถนนคอนกรีตที่ทำลายด้วยเครื่องทุบคอนกรีตชนิดชักรอก 88
5.9 แสดงลักษณะการแตกของผิวถนนคอนกรีตที่ทำลายด้วยเครื่องเจาะคอนกรีตชนิดอาศัย แรงกระแทกจากแรงอัดอากาศ 88
5.10 แสดงการเคลื่อนย้ายเครื่องเจาะคอนกรีตชนิดอาศัยแรงกระแทกจากแรงอัดอากาศ 89
5.11 แสดงการประกอบลูกตุ้มเหล็กเข้ากับตัวเครื่อง 89
5.12 แสดงการติดตั้งเครื่องยนต์และสายพาน 90
5.13 แสดงการประกอบเครื่องเจาะคอนกรีตชนิดอาศัยแรงกระแทกจากแรงอัดอากาศ 90
5.14 แสดงแนวโน้มการลดลงของเสียงที่ระยะห่างต่างๆ จากจุดกระแทก 92
5.15 แสดงลักษณะของผิวถนนคอนกรีตที่จะทำการทดสอบภาคสนามด้วยเครื่องทุบ คอนกรีตชนิดชักรอกและเครื่องเจาะคอนกรีตชนิดอาศัยแรงกระแทกจากแรงอัด อากาศ 100
5.16 แสดงเครื่องยิงคอนกรีต 101
5.17 แสดงลักษณะการใช้เครื่องยิงคอนกรีต 101
5.18 แสดงจำนวนคนงานที่ใช้ในการดำเนินการเครื่องทุบคอนกรีตชนิดชักรอก 110
5.19 แสดงถังน้ำมันเชื้อเพลิงเครื่องยนต์ของเครื่องทุบคอนกรีตชนิดชักรอก 112
5.20 แสดงถังน้ำมันเชื้อเพลิงเครื่องยนต์ของเครื่องเจาะคอนกรีตชนิดอาศัย แรงกระแทกจากแรงอัดอากาศ 112