

การปรับปรุงวิธีการตอกเสาเข็มสำหรับเสาเข็มคอนกรีตสั้น

นายศิวะพล กอวัฒนะ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2549

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

AN IMPROVEMENT OF A PILE DRIVING METHOD FOR SHORT CONCRETE PILES

Mr. Siwapon Kowattana

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

Department of Civil Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2006

Copyright of Chulalongkorn University

**490680**

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การปรับปรุงวิธีการตอกเสาเข็มสำหรับเสาเข็มคอนกรีตสั้น

โดย

นายศิวะพล กอวัฒนนะ

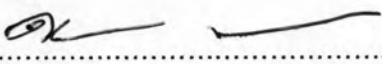
สาขาวิชา

วิศวกรรมโยธา

อาจารย์ที่ปรึกษา

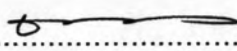
รองศาสตราจารย์ ดร.ธนิต ธงทอง

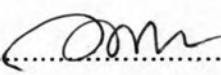
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วน  
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบัณฑิต

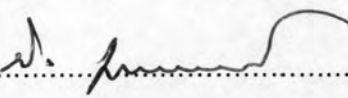
  
.....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์  
(ศาสตราจารย์ ดร.ดิเรก ลาวัณย์ศิริ)

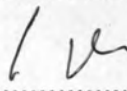
คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

  
..... ประธานกรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ ดร.วิสุทธิ ช่อวิเชียร)

  
..... อาจารย์ที่ปรึกษา  
(รองศาสตราจารย์ ดร.ธนิต ธงทอง)

  
..... กรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ ดร.วิศณุ ทรัพย์สมพล)

  
..... กรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิง คุณะวัฒน์สถิตย์)

  
..... กรรมการ  
(อาจารย์ ดร.นพดล จอกแก้ว)

ติวพล กอวัฒนะ : การปรับปรุงวิธีการตอกเสาเข็มสำหรับเสาเข็มคอนกรีตสั้น (AN IMPROVEMENT OF A PILE DRIVING METHOD FOR SHORT CONCRETE PILES)  
อ. ที่ปรึกษา : รศ. ดร.ธนิศ ธงทอง, 103 หน้า.

เสาเข็มคอนกรีตสั้นเป็นวัสดุที่มีการใช้ในงานก่อสร้างอย่างแพร่หลายสำหรับฐานรากเพื่อรับน้ำหนักของโครงสร้างที่มีน้ำหนักไม่มาก เช่น โครงสร้างรั้ว หรืออาคารชั้นเดียว เป็นต้น จากการสำรวจพบว่าการตอกเสาเข็มคอนกรีตสั้นนั้นขาดมาตรฐานในการทำงานที่ถูกต้องตามหลักวิศวกรรมในการปฏิบัติงาน งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อแสดงผลการศึกษาแนวทางการปรับปรุงวิธีการตอกเสาเข็มคอนกรีตสั้นโดยศึกษาทฤษฎีทางวิศวกรรมที่เกี่ยวข้อง เปรียบเทียบกับการเก็บข้อมูลจากผู้ประกอบการตอกเสาเข็มคอนกรีตสั้น ซึ่งวิธีการตอกเสาเข็มคอนกรีตสั้นในประเทศไทยสามารถจำแนกได้เป็น 3 วิธี ได้แก่ วิธีการตอกเสาเข็มคอนกรีตสั้นโดยใช้กำลังคน วิธีการตอกเสาเข็มคอนกรีตสั้นโดยใช้เครื่องจักรขุดดิน และวิธีการตอกเสาเข็มคอนกรีตสั้นโดยใช้ปั้นจั่น ซึ่งผลการศึกษาพบว่าวิธีการตอกเสาเข็มคอนกรีตสั้นในปัจจุบันขาดการปฏิบัติตามขั้นตอนที่ถูกต้องตามหลักวิศวกรรม เช่น การละเลยการตรวจสอบระนาบตอก การประยุกต์ใช้เครื่องจักรที่ผิดหลักวิศวกรรม การปฏิบัติงานที่เสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุ เป็นต้น

งานวิจัยนี้เสนอวิธีการปรับปรุงการตอกเสาเข็มคอนกรีตสั้นด้วยการพัฒนาเครื่องมือช่วยตอกเสาเข็มคอนกรีตสั้น โดยงานวิจัยนี้พัฒนาเครื่องมือช่วยตอกเสาเข็มคอนกรีตสั้นบนพื้นฐานของการตอกเสาเข็มคอนกรีตสั้นวิธีใช้เครื่องจักรขุดดิน โดยพิจารณาด้านของเวลา ค่าใช้จ่าย และคุณภาพของการตอกเสาเข็มเป็นปัจจัยหลัก ซึ่งเครื่องมือช่วยตอกเสาเข็มคอนกรีตสั้นที่พัฒนาขึ้นนั้นมีการประยุกต์ใช้หลักการของโครงถักปั้นจั่น และขาตั้งกล้อสำรวจเป็นแนวคิดหลัก ทั้งนี้จากผลการทดสอบเครื่องมือที่พัฒนาขึ้นพบว่าประสิทธิภาพในการควบคุมระนาบราบและระนาบตั้งดีขึ้นและเป็นไปตามหลักวิศวกรรม ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างต่ำ และใช้จำนวนแรงงานในการปฏิบัติงานน้อย ทั้งนี้ในส่วนของอัตราผลผลิตการตอกเสาเข็มนั้นมีอัตราการตอกที่น้อยกว่าวิธีการตอกเสาเข็มคอนกรีตสั้นโดยใช้เครื่องจักรขุดดิน และมีอัตราการตอกเสาเข็มคอนกรีตสั้นมากกว่าวิธีใช้กำลังคนและวิธีใช้ปั้นจั่น

ภาควิชา...วิศวกรรมโยธา.....  
สาขาวิชา..วิศวกรรมโยธา.....  
ปีการศึกษา ...2549.....

ลายมือชื่อนิสิต .....  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

## 4670525321 : MAJOR CIVIL



KEY WORD : SHORT CONCRETE PILE / PILE DRIVING METHOD / CONSTRUCTION TECHNIQUE

SIWAPON KOWATTANA : AN IMPROVEMENT OF A PILE DRIVING METHOD FOR SHORT CONCRETE PILES. THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. TANIT TONGTHONG, Ph.D. 103 pp.

Short concrete piles are widely used for a foundation bearing low weight structure such as fence and one story building. From field investigation, it is found that, in many cases, current practices in Thailand for short concrete pile driving do not comply with engineering standards. The objective of this research is to present an improvement of a pile driving method for short concrete piles. The study covers literature review of related engineering theory comparing with data collected from pile driving contractors. In Thailand, the methods of short concrete pile driving are in three practices which are (a) pile driving using manpower, (b) pile driving using an excavation machine, and (c) pile driving using a small piling rig. This study reveals that incorrect procedures are found in short concrete pile driving, for instance, neglect in examining of vertical alignment, incorrect engineering practices of machine operations, and unsafe driving procedures.

This research introduces an assisting tool to improve a short concrete pile driving process. In time, cost, and quality aspects, the proposed tool is developed to support a pile driving method using an excavation machine. Design concepts of an assisting tool are generated from the truss of piling rig and the telescopic prop. With these concepts, it is found that (a) the vertical alignment of driven piles is better, (b) construction cost is low, and (c) small numbers of workers are required. In terms of productivity, the method of using the proposed tool provides better results than those of using manpower and piling rigs.

Department ....Civil Engineering.....  
Field of study..Civil Engineering.....  
Academic year .....2006.....

Student's signature  .....  
Advisor's signature  .....

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีเนื่องด้วยได้รับการช่วยเหลือเป็นอย่างดีจาก รองศาสตราจารย์ ดร.ธนิศ ธงทอง อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งกรุณาให้คำแนะนำ ข้อคิด และ ถ่ายทอดความรู้ตลอดการทำวิทยานิพนธ์จนประสบความสำเร็จด้วยดี ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ เป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้ นอกจากนี้ขอขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.นพดล จอกแก้ว ที่คอยห่วงใย และให้คำแนะนำตลอดการทำวิทยานิพนธ์ อีกทั้งคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่านที่คอย ชี้แนะ ให้คำปรึกษา

ขอขอบคุณบริษัท ชันไชน์ เอนจิเนียริง แอนด์ คอนสตรัคชั่น จำกัด ซึ่งอนุเคราะห์ใน การสร้าง ประกอบ และทดสอบเครื่องมือช่วยตอกเสาเข็มคอนกรีตสั้น ขอขอบคุณบริษัท พกษา เรียลเอสเตท จำกัด (มหาชน) ที่อนุเคราะห์ข้อมูล และอำนวยความสะดวกต่างๆในขณะเข้าเก็บ ข้อมูล ขอขอบพระคุณคุณไพบุลย์ เจริญยิ่งยืนนาน โรงงานผลิตเสาเข็มแสงเจริญทรัพย์ ที่เอื้อเพื่อ ข้อมูลเกี่ยวกับการผลิตเสาเข็มคอนกรีตสั้น นอกจากนี้ขอขอบคุณผู้ปฏิบัติงานในหน่วยงานต่างๆ ทุกท่านที่ให้ความเอื้อเพื่อข้อมูลอันเป็นประโยชน์ในการทำวิทยานิพนธ์นี้

อย่างไรก็ตามวิทยานิพนธ์นี้สำเร็จขึ้นได้เนื่องด้วยมีกำลังใจจาก คนรอบข้าง เพื่อนๆ ที่คอยห่วงใยถามถึง และให้กำลังใจตลอดมา ประโยชน์และคุณค่าอันพึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นกตัญญูตานุชาแด่บิดามารดา ครูอาจารย์ ตลอดจนผู้มีพระคุณทุกท่าน

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ณ
สารบัญภาพ.....	ญ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ปัญหาและความสำคัญ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....	5
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย.....	5
1.4 วิธีดำเนินงานวิจัย.....	5
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	8
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาวิธีการตอกเสาเข็มคอนกรีตสั้น.....	9
2.2 ตัวอย่างการพัฒนาเครื่องมือเครื่องจักรในงานก่อสร้าง.....	18
2.3 สรุป.....	21
บทที่ 3 การศึกษาการตอกเสาเข็มคอนกรีตสั้น	
3.1 การศึกษาวิธีการตอกเสาเข็มสั้นของผู้ประกอบการ.....	22
3.2 การสรุปข้อมูลการตอกเสาเข็มสั้นจากหน้างาน.....	35
3.3 ข้อมูลเสาเข็มคอนกรีตสั้นจากโรงงานผลิตเสาเข็ม.....	39
3.4 สรุป.....	41



#### บทที่ 4 การวิเคราะห์และการปรับปรุง

4.1 วิเคราะห์ด้วยตารางเปรียบเทียบประสิทธิภาพ.....	42
4.2 สรุปข้อดี ข้อเสียของวิธีที่ใช้ในการตอกเสาเข็มคอนกรีตสั้นแต่ละวิธี.....	46
4.3 การเปรียบเทียบระหว่างการใช้เครื่องมือตอกเสาเข็มสั้นในปัจจุบันกับหลักวิศวกรรม..	47
4.4 วิเคราะห์ด้วยแผนภูมิต้นเหตุและผลกระทบ.....	54
4.5 สรุป.....	58

#### บทที่ 5 การพัฒนาเครื่องมือและการทดสอบ

5.1 แนวทางในการพัฒนาเครื่องมือ.....	59
5.2 จุดประสงค์ในการออกแบบเครื่องมือช่วยตอกเสาเข็มคอนกรีตสั้น.....	61
5.3 หลักเกณฑ์ในการพัฒนาเครื่องมือช่วยตอกเสาเข็มคอนกรีตสั้น.....	62
5.4 หลักการทำงานของเครื่องมือช่วยตอกเสาเข็มคอนกรีตสั้น.....	66
5.5 รายละเอียดของเครื่องมือช่วยตอกเสาเข็มคอนกรีตสั้น.....	67
5.6 การประมาณต้นทุนของเครื่องมือช่วยตอกเสาเข็มคอนกรีตสั้น.....	69
5.7 การทดสอบเครื่องมือต้นแบบ.....	70
5.8 การทดสอบเปรียบเทียบสมรรถภาพระหว่างวิธีการตอกเสาเข็มคอนกรีตสั้นแบบปกติ กับวิธีการตอกเสาเข็มคอนกรีตสั้นที่ประยุกต์ใช้เครื่องมือที่พัฒนาขึ้น.....	73
5.9 สรุป.....	82

#### บทที่ 6 สรุปผลงานวิจัยและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลงานวิจัย.....	84
6.2 ข้อเสนอแนะ.....	87

รายการอ้างอิง..... 88

ภาคผนวก..... 90

ภาคผนวก ก รายงานการตรวจสอบงานตอกเสาเข็ม..... 91

ภาคผนวก ข ข้อมูลของหน่วยงานที่เก็บข้อมูล..... 94

ภาคผนวก ค ประวัติการพัฒนาเครื่องมือช่วยตอกเสาเข็มคอนกรีตสั้น..... 98

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 103



ตารางที่ 3.1	การเก็บข้อมูลผู้ประกอบการงานตอกเสาเข็มสั้นจำนวน 16 ราย.....	36
ตารางที่ 3.2	เหตุผลการเลือกใช้วิธีในการตอกเสาเข็มสั้นของผู้ประกอบการจำนวน 16 ราย.....	37
ตารางที่ 3.3	การวิเคราะห์เหตุผลของผู้ประกอบการตอกเสาเข็มสั้น.....	38
ตารางที่ 3.4	ข้อมูลเบื้องต้นของเสาเข็มคอนกรีตสั้น.....	39
ตารางที่ 4.1	การจำแนกหัวข้อที่พิจารณาในส่วนของเวลา ค่าใช้จ่าย และคุณภาพ.....	43
ตารางที่ 4.2	โครงการตอกเสาเข็มคอนกรีตสั้นของผู้ประกอบการจำนวน 16 ราย.....	44
ตารางที่ 4.3	คะแนนผลการปฏิบัติงานของหน่วยงานต่างๆ.....	45
ตารางที่ 4.4	ข้อดี ข้อเสียของวิธีการตอกเสาเข็มสั้นโดยใช้รถขุดดิน/รถตักหน้าขุดหลัง.....	46
ตารางที่ 4.5	ข้อดี ข้อเสียของวิธีการตอกเสาเข็มสั้นโดยใช้กำลังคน.....	46
ตารางที่ 4.6	ข้อดี ข้อเสียของวิธีการตอกเสาเข็มสั้นโดยใช้ปั้นจั่น.....	47

รูปที่ 1.1	วิธีการตอกเสาเข็มแบบขุดน้ำ .....	2
รูปที่ 1.2	วิธีการตอกเสาเข็มโดยการประยุกต์ใช้เครื่องจักรขุดดิน .....	3
รูปที่ 1.3	วิธีการตอกเสาเข็มโดยการประยุกต์ใช้ปั้นจั่น.....	4
รูปที่ 2.1	สัญลักษณ์และคำอธิบายของแผนภูมิการผลิตแบบต่อเนื่อง .....	12
รูปที่ 2.2	ตัวอย่างของแผนภูมิขบวนการผลิตแบบต่อเนื่อง (Flow Process Chart).....	14
รูปที่ 2.3	ตัวอย่างของแผนภูมิการเคลื่อนที่ (Flow Diagram) .....	15
รูปที่ 2.4	ตัวอย่างของแผนภูมิต้นเหตุและผลกระทบ .....	17
รูปที่ 2.5	อุปกรณ์ตรวจจับท่อโลหะ .....	18
รูปที่ 2.6	การทำงานของ Digital Terrain Model .....	19
รูปที่ 2.7	การใช้งานระบบ BladePro .....	19
รูปที่ 2.8	ตำแหน่งที่มีการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัด .....	20
รูปที่ 2.9	อุปกรณ์ของระบบ BlackBox Technology .....	20
รูปที่ 3.1	ลักษณะอุปกรณ์นำส่งแบบท่อนเหล็กปลายแหลม.....	24
รูปที่ 3.2	ลักษณะอุปกรณ์นำส่งแบบไม้ยูคาลิปตัส และอุปกรณ์จับยึดเสาเข็มชนิดโซ่.....	25
รูปที่ 3.3	อุปกรณ์จับยึดเสาเข็มแบบสลิงผ้า (Cloth Sling).....	25
รูปที่ 3.4	การกวดเหล็กนำให้ได้ระดับตามต้องการ.....	26
รูปที่ 3.5	ลักษณะของผู้ช่วยคนขับรถขุดดินประคองเสาเข็มให้อยู่ในแนวตั้ง.....	26
รูปที่ 3.6	การกวดเสาเข็มของเครื่องจักรขุดดิน.....	27
รูปที่ 3.7	การกวดเสาเข็มให้ได้ระดับตามต้องการ โดยในภาพนั้นใช้ดินภายในกระบะ.....	27
รูปที่ 3.8	การใช้น้ำหล่อหลุมที่จะทำการกวดเสาเข็ม.....	28
รูปที่ 3.9	การหักของเสาเข็มเนื่องจากแนวการกวดไม่ได้ระนาบตั้ง.....	28
รูปที่ 3.10	ลักษณะเสียมต่อด้ามใช้สำหรับขุดนำร่อง.....	30
รูปที่ 3.11	ลักษณะของไม้กระดานจำนวน 2 แผ่นที่ใช้สำหรับยื่นขยม.....	30
รูปที่ 3.12	เหล็กนำส่งใช้สำหรับส่งเข็มให้ได้ระดับ.....	31
รูปที่ 3.13	การใช้โซ่รัดหัวเข็มเพื่อยึดไม้ที่ใช้สำหรับยื่นขยม.....	31
รูปที่ 3.14	แผ่นไม้กระดานสำหรับส่งหัวเข็มลงหลุมที่ขุดเตรียมไว้.....	32
รูปที่ 3.15	ลักษณะของปั้นจั่นขนาดเล็ก.....	33
รูปที่ 3.16	ลักษณะโครงถักความสูง 10 เมตร.....	34

รูปที่ 3.17	ลักษณะของบันจันแบบสามขา.....	35
รูปที่ 3.18	ลักษณะของเสาเข็มหกเหลี่ยมกลวง (เสาเข็มคอนกรีตสั้น).....	40
รูปที่ 3.19	ขนาดของเสาเข็มหกเหลี่ยมกลวง (เสาเข็มคอนกรีตสั้น).....	41
รูปที่ 4.1	การเคลื่อนย้ายเสาเข็มโดยใช้กำลังคนจำนวน .....	48
รูปที่ 4.2	การใช้กำลังคนจำนวน 2 คนในการเคลื่อนย้ายเสาเข็ม.....	48
รูปที่ 4.3	การเคลื่อนย้ายเสาเข็มโดยใช้เครื่องจักรขุดดิน.....	49
รูปที่ 4.4	โมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นภายในเสาเข็มขณะยก.....	50
รูปที่ 4.5	ขนาดและตำแหน่งของโมเมนต์ดัดที่มีค่ามากที่สุด.....	51
รูปที่ 4.6	การปรับแต่งแนวตั้งของเสาเข็มของวิธีการส่งเสาเข็มโดยกำลังคน.....	52
รูปที่ 4.7	การตรวจสอบระนาบตั้ง.....	53
รูปที่ 4.8	แผนภูมิต้นเหตุและผลกระทบของการตอกเสาเข็มโดยวิธีใช้เครื่องจักรขุดดิน.....	55
รูปที่ 4.9	แผนภูมิต้นเหตุและผลกระทบของการตอกเสาเข็มโดยวิธีใช้กำลังคนขยม.....	56
รูปที่ 4.10	แผนภูมิต้นเหตุและผลกระทบของวิธีใช้บันจันในการตอกเสาเข็ม.....	57
รูปที่ 5.1	ความสัมพันธ์ของหลักเกณฑ์ในการพัฒนาเครื่องมือกับปัจจัยทั้งสาม.....	65
รูปที่ 5.2	หลักการทำงานของเครื่องมือช่วยตอกเสาเข็มคอนกรีตสั้น.....	67
รูปที่ 5.3	รายละเอียดของเครื่องมือช่วยตอกเสาเข็มคอนกรีตสั้น.....	69
รูปที่ 5.4	สององค์ประกอบหลักของเครื่องมือช่วยตอกเสาเข็มคอนกรีตสั้น.....	70
รูปที่ 5.5	ขั้นตอนการเตรียมหน้างาน.....	71
รูปที่ 5.6	ขั้นตอนการติดตั้งเครื่องมือและระหว่างปฏิบัติงาน.....	71
รูปที่ 5.7	อุปกรณ์ตรวจวัดระนาบตั้ง.....	72
รูปที่ 5.8	อุปกรณ์นำส่งเสาเข็ม.....	73
รูปที่ 5.9	ปลอกนำและเครื่องมือวัดระนาบตั้ง.....	74
รูปที่ 5.10	ขั้นตอนการติดตั้งและระหว่างปฏิบัติงาน.....	74
รูปที่ 5.11	การประยุกต์ใช้เครื่องมือช่วยตอกเสาเข็มคอนกรีตสั้น.....	75
รูปที่ 5.12	การติดตั้งเครื่องมือช่วยตอกเสาเข็มคอนกรีตสั้น.....	76
รูปที่ 5.13	การขนย้ายเครื่องมือช่วยตอกเสาเข็มคอนกรีตสั้น.....	76
รูปที่ 5.14	องศาที่เบี่ยงเบนของเสาเข็มคอนกรีตสั้นขนาดความยาว 6 เมตรกับตัวอย่าง ลำดับต่างๆ.....	77

รูปที่ 5.15	เครื่องมือช่วยตอกเสาเข็มคอนกรีตสั้นเมื่อประยุกต์ใช้กับเสาเข็มความยาว 4 เมตร	78
รูปที่ 5.16	องศาที่เบี่ยงเบนของเสาเข็มคอนกรีตสั้นขนาดความยาว 4 เมตรกับตัวอย่าง ลำดับต่างๆ.....	79
รูปที่ 5.17	ขนาดหน้าตัดของเสาเข็มหกเหลี่ยมกลวง.....	80
รูปที่ 5.18	ความสัมพันธ์ของหน่วยแรงกับจำนวนองศาที่เบี่ยงเบน.....	81
รูปที่ ข1	แผนภูมิแสดงขั้นตอนการปฏิบัติงานของวิธีตอกเสาเข็มคอนกรีตสั้นโดยกำลังคน.	95
รูปที่ ข2	แผนภูมิแสดงขั้นตอนการปฏิบัติงานของวิธีตอกเสาเข็มคอนกรีตสั้นโดยเครื่องจักร ขุดดิน.....	96
รูปที่ ข3	แผนภูมิแสดงขั้นตอนการปฏิบัติงานของวิธีตอกเสาเข็มคอนกรีตสั้นโดยปั้นจั่น....	97
รูปที่ ค1	การขึ้นไม้กระดานของแรงงาน.....	100
รูปที่ ค2	การทรงตัวของแรงงานขณะอยู่บนไม้กระดาน.....	100
รูปที่ ค3	ภาพร่างเครื่องมือช่วยตอกเสาเข็มคอนกรีตสั้นแบบโต๊ะ.....	101
รูปที่ ค4	เครื่องมือตอกเสาเข็มระบบสั้น.....	102
รูปที่ ค5	ภาพร่างเครื่องมือตอกเสาเข็มคอนกรีตสั้นแบบใช้แรงเขย่า.....	102