

การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการหาค่ากำลังรับน้ำหนักของเสาเข็ม
ที่ขุดในดินบริเวณกรุงเทพมหานคร



นายภูษงค์ มณีชาติย์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2551
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

DEVELOPMENT OF COMPUTER PROGRAMME FOR EVALUATING PILE CAPACITY
SUBJECTED TO SOIL FAILURE IN BANGKOK AREA

Mr.Putchong Maneekhat

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 2008

Copyright of Chulalongkorn University

511110

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการหาค่ากำลังรับ
น้ำหนักของเสาเข็มที่ขุดในดินบริเวณกรุงเทพมหานคร

โดย

นายภูษงค์ มณีขัติย์

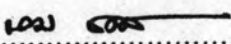
สาขาวิชา

วิศวกรรมโยธา

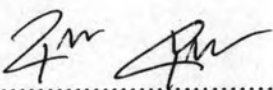
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

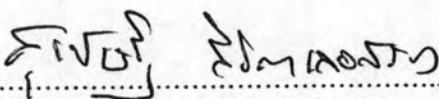
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุเชษฐุ ลิขิตเลอสรวง

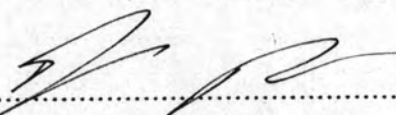
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้แนบวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วน
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต



..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.บุญสม เลิศหิรัญวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.บุญชัย อุกฤษฏาชน)


..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุเชษฐุ ลิขิตเลอสรวง)


..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.จิรวัตร บุญบุชชี)


..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรฉัตร สัมพันธ์รักษ์)

ภุชงค์ มณีชาติย์ : การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการหาค่ากำลังรับน้ำหนักของ
เสาเข็มที่วิบัติในดินบริเวณกรุงเทพมหานคร. (Development of computer programme
for evaluating pile capacity subjected to soil failure in Bangkok area) อ.ที่ปรึกษา
วิทยานิพนธ์หลัก: ผศ.ดร.สุเชษฐ์ ลิขิตเลอสรวง, 105 หน้า.

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาโปรแกรมเพื่อช่วยคำนวณกำลังรับน้ำหนักของเสาเข็มในเขต
กรุงเทพมหานคร โปรแกรมได้พยายามรวบรวมทฤษฎีและค่าพารามิเตอร์จากงานวิจัยทั้งในและ
ต่างประเทศเพื่อใช้ในการทำนายค่ากำลังรับน้ำหนักของเสาเข็มเดี่ยว โปรแกรมยังเก็บรวบรวม
ฐานข้อมูลหลุมเจาะประมาณ 300 หลุมเจาะที่ครอบคลุมพื้นที่ในเขตกรุงเทพมหานครทั้ง 36 เขต
โดยการเก็บข้อมูลหลุมเจาะของโปรแกรมประกอบไปด้วย ตำแหน่งของหลุมเจาะในรูปแบบพิกัด
ละติจูดและลองจิจูด รวมทั้งข้อมูลการทดสอบภาคสนามเช่น ค่า N จากการทดสอบกระบอก
ทะลวงมาตรฐาน ค่ากำลังรับแรงเฉือนแบบไม่ระบายน้ำจากการทดสอบใบมีดสนาม และการ
ทดสอบในห้องปฏิบัติการเช่น ปริมาณน้ำในมวลดิน ค่าลิมิตความชื้นเหลว และการทดสอบกำลัง
อัดแกนเดี่ยว เป็นต้น ผู้ใช้งานสามารถเลือกใช้ทฤษฎีการคำนวณที่เหมาะสมกับข้อมูลหลุมเจาะ
ของตนเองสำหรับชนิดและระดับความลึกของปลายเสาเข็มตามต้องการได้ และยังสามารถ
เปรียบเทียบค่ากำลังรับน้ำหนักเสาเข็มที่คำนวณได้จากทฤษฎีต่างกันในระดับความลึกเดียวกันได้
ส่วนการนำเสนอรายงานการคำนวณอยู่ในรูปแบบของโปรแกรมแผ่นตารางหรือสมุดบันทึก
นอกเหนือจากนี้งานวิจัยนี้ได้ทำการทดสอบโปรแกรมโดยสอบเทียบกับผลการทดสอบกำลังรับ
น้ำหนักเสาเข็มแบบสถิติของเสาเข็มเจาะที่ก่อสร้างในเขตกรุงเทพมหานครจำนวน 2 โครงการ
พบว่าจากการคำนวณค่ากำลังรับน้ำบรรทุกทุกปลายเสาเข็มจากสูตรเชิงทฤษฎีมีค่าใกล้เคียงกัน
ยกเว้นสูตรเชิงประสบการณ์บางสูตรที่ได้ค่าต่ำมาก ส่วนกำลังรับน้ำหนักบรรทุกระหว่างเสาเข็ม
กับชั้นดินมีค่าแตกต่างกันในแต่ละสูตรการคำนวณโดยพบว่าสูตรแอลฟาในดินเหนียว และสูตร
ของธยานันท์-โพลีเมอร์ในดินทรายให้ค่าใกล้เคียงมากที่สุด

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

ลายมือชื่อนิสิต.....
ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก..... 51605 5160555555

487 04225 21: MAJOR CIVIL ENGINEERING

KEYWORDS : SINGLE PILE DESIGN / DESIGN PARAMETERS / BANGKOK /
COMPUTER PROGRAMME

PUTCHONG MANEEKHAT : DEVELOPMENT OF COMPUTER PROGRAMME
FOR EVALUATING PILE CAPACITY SUBJECTED TO SOIL FAILURE IN
BANGKOK AREA. ADVISOR :ASST. PROF. SUCHED LIKITLERSUANG,
D.Phil., 105 pp.

This research aims to develop a computer programme for pile capacity prediction particularly in Bangkok area. The research tries to collect all well-known theoretical and empirical formulas as well as design parameters. Another key feature of programme is that the programme provides more than 300 Bangkok soil boring logs data. The boring log database is consist of the location of bore hole in latitude and longitude format, field testing data such as the SPT N-value and undrained shear strength for vane shear test, and laboratory testing data such as natural water content, consistency limits and unconfined compressive strength. The user can select any formulas, types of pile and pile tip to calculate the single pile capacity. The user also does multi-selection of design formulas in order to make a comparison among selected formulas for both end bearing and skin friction. The results of calculation can be shown in forms of spreadsheet file or text file in order to make any further analysis. Moreover, the developed programme is calibrated with two static pile load test data from separated location in Bangkok. The calibrated results are found that the theoretical end bearing formulas give better prediction than empirical formulas; on the other hand, the empirical formulas provide better values for skin friction.

Department : Civil Engineering

Student's Signature

Putchong M.

Field of Study : Civil Engineering

Advisor's Signature

Suched L.

Academic Year : 2008

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร.สุเชษฐ์ ลิขิตเลอสรวง อาจารย์ที่ปรึกษา
วิทยานิพนธ์ ผู้ซึ่งทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้โดยสมบูรณ์ โดยให้คำปรึกษาและแนะนำ
ข้อคิดเห็นต่าง ๆ ตลอดระยะเวลาการทำงานวิจัยอย่างดียิ่ง อีกทั้งขอบพระคุณ อาจารย์
คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ไว้ ณ ที่นี้ด้วย

ขอขอบคุณพี่ ๆ เพื่อน ๆ ที่ช่วยสนับสนุนการเรียนและงานวิจัยให้สำเร็จลุล่วงไปได้
ด้วยดี

ท้ายที่สุดนี้ ผู้เขียนขอรำลึกถึงพระคุณของบิดา มารดา ครู และอาจารย์ ที่ได้
อบรมและสั่งสอนให้ผู้เขียนสำเร็จการศึกษาจนถึงปัจจุบันนี้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญภาพ.....	ฎ
บทที่	
1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
1.5 ขั้นตอนในการทำวิจัย.....	3
2 ทฤษฎีการออกแบบเสาเข็มและโปรแกรมการออกแบบ	
2.1 ฐานรากเสาเข็ม.....	4
2.2 พฤติกรรมการถ่ายน้ำหนักของเสาเข็มลงบนชั้นดิน.....	6
2.3 ลักษณะดินบริเวณเขตพื้นที่กรุงเทพมหานคร.....	7
2.3.1 ลักษณะชั้นดินกรุงเทพฯ.....	8
2.3.2 ค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญสำหรับดินกรุงเทพฯ.....	10
2.4 กำลังรับน้ำหนักบรรทุกประลัยของดินรองรับฐานราก.....	14
2.4.1 ความสามารถในการรับน้ำหนักบรรทุกของดินรองรับฐานรากโดยปลอดภัย.....	14
2.5 กำลังรับน้ำหนักประลัยที่ปลายเสาเข็ม.....	15
2.5.1 กำลังรับน้ำหนักประลัยที่ปลายเสาเข็มแบ่งตามค่าสัมประสิทธิ์ในการรับน้ำหนักบรรทุก.....	15
2.5.1.1 สำหรับการออกแบบในดินทุกประเภท.....	15
2.5.1.2 สำหรับออกแบบในดินเหนียว.....	25

	หน้า
2.5.1.3 สำหรับออกแบบในดินทราย.....	26
2.6 กำลังรับน้ำหนักประลัยจากความเสียดทานระหว่างเสาเข็มและดิน.....	28
2.6.1 กำลังรับน้ำหนักประลัยจากความเสียดทานระหว่างเสาเข็มและดิน แบ่งตามค่า λ , α_u และ β	29
2.6.1.1 สำหรับออกแบบเสาเข็มทุกประเภท.....	29
2.6.1.2 สำหรับออกแบบเสาเข็มเจาะ.....	32
2.6.2 กำลังรับน้ำหนักประลัยจากความเสียดทานระหว่างเสาเข็มและดิน โดยใช้ค่า SPT (N-Value) ในการออกแบบ.....	38
2.6.2.1 สำหรับเสาเข็มตอก.....	38
2.7 ฐานรากเสาเข็มกลุ่ม.....	40
2.8 สรุปสูตรต่างๆในการออกแบบฐานราก.....	43
3 วิธีดำเนินการวิจัย	
3.1 อุปกรณ์.....	48
3.2 ขั้นตอนดำเนินการวิจัย.....	48
3.2.1 วิเคราะห์และจัดทำฐานข้อมูลของชั้นดินกรุงเทพฯ.....	48
3.2.2 กระบวนการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์.....	49
4 ผลการดำเนินงานวิจัย	
4.1 การใช้โปรแกรม.....	63
4.1.1 ภาพรวมของโปรแกรม.....	63
4.1.2 ขั้นตอนการใช้งาน.....	67
4.2 ตัวอย่างการใช้งาน.....	69
4.2.1 ตัวอย่างที่ 1 เปรียบเทียบกำลังรับน้ำหนักเสาเข็มโดยโปรแกรม CU-Pile เปรียบเทียบกับผลการทดสอบ Static Pile Load Test...	69
4.2.2 ตัวอย่างที่ 2 เปรียบเทียบกำลังรับน้ำหนักเสาเข็มโดยโปรแกรม CU-Pile เปรียบเทียบกับผลการทดสอบ Static Pile Load Test...	78
4.2.4 ตัวอย่างที่ 3 วิเคราะห์กำลังรับน้ำหนักเสาเข็มโดยโปรแกรม CU- Pile โดยอาศัยฐานข้อมูลหลุมเจาะ (ปราศจากผลการทดสอบดิน)	89
5.สรุปผลการคำนวณจากตัวอย่าง	

	หน้า
5.1 โครงการก่อสร้าง A แห่งหนึ่งในเขตบางเขน.....	97
5.2 โครงการก่อสร้าง B แห่งหนึ่งในเขตคลองสาน.....	98
6 สรุปผลการพัฒนาโปรแกรมและการนำไปใช้	
6.1 บทสรุปจากการพัฒนาโปรแกรม.....	100
6.2 เปรียบเทียบกับโปรแกรมอื่นๆ.....	101
6.3 ข้อเสนอแนะสำหรับผู้ใช้งาน.....	102
รายการอ้างอิง.....	103
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	105

สารบัญตาราง

	หน้า	
ตารางที่ 2.1	แสดงคุณสมบัติชั้นพื้นฐานโดยทั่วไปของดินกรุงเทพฯ (Chin, 1972 และ Tonyagate, 1978).....	8
ตารางที่ 2.2	Bearing Capacity Factors (C.M Martin, 2005).....	9
ตารางที่ 2.3	แสดงวิธีการหาค่า F_{cd} , F_{dq} ของ Hansen (1970).....	13
ตารางที่ 2.4	ค่า I_r ที่แบ่งตามชนิดของดิน.....	16
ตารางที่ 2.5	แสดงค่า N_c^* และ N_σ^* (Vesic, 1977).....	19
ตารางที่ 2.6	ค่า K_0 ของเสาเข็มแต่ละชนิด (Das, 1995).....	22
ตารางที่ 2.7	แสดงกำลังรับน้ำหนักประลัยที่ปลายเสาเข็ม.....	43
ตารางที่ 2.8	กำลังรับน้ำหนักประลัยจากความเสียดทานระหว่างเสาเข็มและดิน.....	45
ตารางที่ 4.1	ข้อมูล Static Pile Load Test จากหลุมเจาะ A ในเขตบางเขน.....	72
ตารางที่ 4.2	ผล CU-Pile กรณีที่ 1.....	77
ตารางที่ 4.3	ข้อมูล Static Pile Load Test จากหลุมเจาะ B ในเขตคลองสาน.....	83
ตารางที่ 4.4	ผล CU-Pile กรณีที่ 1.....	88
ตารางที่ 5.1	ข้อมูล Static Pile Load Test โครงการ A ในเขตบางเขน.....	97
ตารางที่ 5.2	ผล Static Pile Load Test เทียบกับ CU-Pile.....	97
ตารางที่ 5.3	ข้อมูล Static Pile Load Test โครงการ B ในเขตคลองสาน.....	98
ตารางที่ 5.4	ผล Static Pile Load Test เทียบกับ CU-Pile.....	98
ตารางที่ 6.1	การเปรียบเทียบคุณสมบัติของโปรแกรม.....	101

สารบัญภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 ลักษณะของการเลือกใช้ฐานรากเสาเข็มในกรณีต่างๆ.....	5
รูปที่ 2.2 พฤติกรรมของดินในการเคลื่อนตัวบริเวณเสาเข็ม.....	7
รูปที่ 2.3 ลักษณะทั่วไปของชั้นดินกรุงเทพฯ (Teparaksa, 1999).....	8
รูปที่ 2.4 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า N กับ S_u (แมนสรวง , มนัสพลและณัฐพล, 2540).....	9
รูปที่ 2.5 แรงดันน้ำสำหรับดินกรุงเทพฯ (Teparaksa, 1999).....	9
รูปที่ 2.6 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า $N'(SPT)$ กับค่า ϕ' (Peck , Hanson & Thornburn, 1974).....	14
รูปที่ 2.7 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า C_u กับค่า σ'_{vo} (Peck , Hanson & Thornburn, 1974)	15
รูปที่ 2.8 กราฟแสดงค่า Bearing Capacity Factor, : N_c, N_q, N_γ (Terzaghi, 1943).....	16
รูปที่ 2.9 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การรับน้ำหนักของ Janbu.....	16
รูปที่ 2.10 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Mobilized N_q กับค่า ϕ' สำหรับเสาเข็มอัดฉีดน้ำปูนที่ปลายเสาเข็มที่มีปลายอยู่ในชั้นทรายชั้นที่สอง (ชาญชัย, 2542).....	17
รูปที่ 2.11 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Mobilized N_q กับค่า ϕ' สำหรับเสาเข็มเจาะที่ไม่มี การอัดฉีดน้ำปูนที่ปลายเสาเข็มที่มีปลายอยู่ในชั้นทรายชั้นที่สอง (ชาญชัย, 2542).....	18
รูปที่ 2.12 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Mobilized N_q กับค่า ϕ' (Pimpasugdi, 1989).....	19
รูปที่ 2.13 แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าแลมดา (λ) ที่แปรผันตามค่าความยาวของเสาเข็ม (L).....	21
รูปที่ 2.14 แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าแอลฟา (α_u) กับค่า Undrained Shear Strength ของดินเหนียว(Pimpasugdi, 1989).....	21
รูปที่ 2.15 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า α กับค่า s_u ในชั้นดินเหนียวสำหรับเสาเข็มที่ไม่มี การอัดฉีดน้ำปูนปลายเสาเข็มที่มีปลายอยู่ในชั้นทรายชั้นที่สอง (ชาญชัย, 2542).....	22
รูปที่ 2.16 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า α กับค่า s_u ในชั้นดินเหนียวสำหรับเสาเข็มที่มีการอัดฉีดน้ำปูนปลายเสาเข็มที่มีปลายอยู่ในชั้นทรายชั้นที่สอง (ชาญชัย, 2542)....	23

รูปที่ 2.17	ความสัมพันธ์ระหว่างค่า α กับค่า s_u ในชั้นดินเหนียวสำหรับเสาเข็มที่มีปลายเสาเข็มอยู่ในชั้นดินเหนียวแข็งชั้นที่สอง (ชาญชัย, 2542).....	23
รูปที่ 2.18	ความสัมพันธ์ระหว่างค่า α กับค่า s_u ของธยานันท์ (2544).....	23
รูปที่ 2.19	ความสัมพันธ์ระหว่างค่า β กับค่า ϕ' ในชั้นดินทรายสำหรับเสาเข็มที่ไม่มีการอัดฉีดน้ำปูนปลายเสาเข็มที่มีปลายอยู่ในชั้นทรายชั้นที่สอง (ชาญชัย, 2542)....	23
รูปที่ 2.20	ความสัมพันธ์ระหว่างค่า β กับค่า ϕ' ในชั้นดินทรายสำหรับเสาเข็มที่มีการอัดฉีดน้ำปูนปลายเสาเข็มที่มีปลายอยู่ในชั้นทรายชั้นที่สอง (ชาญชัย, 2542).....	24
รูปที่ 2.21	ความสัมพันธ์ระหว่างค่า β กับค่า ϕ' ในชั้นดินทรายสำหรับเสาเข็มที่มีปลายอยู่ในชั้นดินเหนียวแข็งชั้นที่สอง (ชาญชัย, 2542).....	24
รูปที่ 2.22	ความสัมพันธ์ระหว่างค่า β กับค่า ϕ' ของธยานันท์(2544).....	
รูปที่ 2.15	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Ultimate Side Resistance กับค่า N -value.....	26
รูปที่ 2.16	แสดงฐานรากเสาเข็มกลุ่ม.....	28
รูปที่ 3.1	แสดงขั้นตอนการวิเคราะห์ค่ากำลังรับน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็ม.....	37
รูปที่ 3.2	ลำดับการวิเคราะห์ข้อมูลดินโดยดึงข้อมูลจากฐานข้อมูล (Data Base) ในการวิเคราะห์.....	38
รูปที่ 3.3	แสดงการเลือกวิธีการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักบรรทุกทุกเสาเข็ม.....	38
รูปที่ 3.4	แสดงการเลือกสูตรเพื่อคำนวณค่าน้ำหนักประลัยที่ปลายเสาเข็มของดินเหนียว..	39
รูปที่ 3.5	แสดงการเลือกสูตรเพื่อคำนวณค่าน้ำหนักประลัยที่ปลายเสาเข็มโดยแบ่งตามค่าสัมประสิทธิ์ในการรับน้ำหนักบรรทุกของดินเหนียว.....	40
รูปที่ 3.6	แสดงการเลือกสูตรเพื่อคำนวณค่าน้ำหนักประลัยที่ปลายเสาเข็มของดินทราย..	41
รูปที่ 3.7	แสดงการเลือกสูตรเพื่อคำนวณค่าน้ำหนักประลัยที่ปลายเสาเข็มโดยแบ่งตามค่าสัมประสิทธิ์ในการรับน้ำหนักบรรทุกของดินทราย.....	42
รูปที่ 3.8	แสดงการเลือกสูตรเพื่อคำนวณค่าน้ำหนักประลัยจากการเสียดทานระหว่างเสาเข็มกับดินของดินเหนียว.....	43
รูปที่ 3.9	แสดงการเลือกสูตรเพื่อคำนวณค่าน้ำหนักประลัยจากการเสียดทานระหว่างเสาเข็มกับดินโดยแบ่งตามค่า N จากการทดสอบทาง SPT ของดินทราย.....	44

รูปที่ 3.10	แสดงการเลือกสูตรเพื่อคำนวณค่าน้ำหนักประลัยจากการเสียดทานระหว่าง เสาเข็มกับดินโดยแบ่งตามค่า λ, α_u และ β ของดินเหนียว.....	
รูปที่ 3.8	แสดงการเลือกสูตรเพื่อคำนวณค่าน้ำหนักประลัยจากการเสียดทานระหว่าง เสาเข็มกับดินของดินเหนียว.....	43
รูปที่ 3.9	แสดงการเลือกสูตรเพื่อคำนวณค่าน้ำหนักประลัยจากการเสียดทานระหว่าง เสาเข็มกับดินโดยแบ่งตามค่า N จากการทดสอบทาง SPT ของดินทราย.....	44
รูปที่ 3.10	แสดงการเลือกสูตรเพื่อคำนวณค่าน้ำหนักประลัยจากการเสียดทานระหว่าง เสาเข็มกับดินโดยแบ่งตามค่า λ, α_u และ β ของดินเหนียว.....	
รูปที่ 3.11	แสดงการเลือกสูตรเพื่อคำนวณค่าน้ำหนักประลัยจากการเสียดทานระหว่าง เสาเข็มกับดินของดินทราย.....	45
รูปที่ 3.12	แสดงการเลือกสูตรเพื่อคำนวณค่าน้ำหนักประลัยจากการเสียดทานระหว่าง เสาเข็มกับดินโดยแบ่งตามค่า N จากการทดสอบทาง SPT ของดินทราย.....	45
รูปที่ 3.13	แสดงการเลือกสูตรเพื่อคำนวณค่าน้ำหนักประลัยจากการเสียดทานระหว่าง เสาเข็มกับดินโดยแบ่งตามค่า λ, α_u และ β ของดินเหนียว.....	46
รูปที่ 3.14	แสดงกราฟเปรียบเทียบค่ากำลังรับน้ำหนักประลัยจากการคำนวณของJanbu (1976) กับ Meyerhof(1956)และ Alpha.....	47
รูปที่ 3.15	แสดงตัวอย่างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังรับน้ำหนักบรรทุกกับค่า ความยาวของเสาเข็ม.....	48
รูปที่ 4.1	แบบหน้าตาการทำงานเริ่มต้นของโปรแกรม CU-Pile.....	49
รูปที่ 4.2	แสดงรูปแผนที่ที่ใช้ในการจัดเก็บข้อมูลหลุมเจาะ.....	50
รูปที่ 4.3	ตัวอย่างหน้าตาการเลือกสูตรคำนวณกำลังรับน้ำหนักเสาเข็ม.....	51
รูปที่ 4.4	ตัวอย่างหน้าตาต่างแสดงผลการวิเคราะห์กำลังรับน้ำหนักเสาเข็มตลอดความลึก ของชั้นดิน.....	51
รูปที่ 4.5	ตัวอย่างรายงานการคำนวณในรูปแบบไฟล์text (*.txt).....	52
รูปที่ 4.6	ตัวอย่างรายงานการคำนวณในรูปแบบไฟล์Excel (*.xls).....	53

รูปที่ 4.7	ขั้นตอนการทำงานบนโปรแกรม CU-Pile.....	54
รูปที่ 4.8.1	ข้อมูลหลุมเจาะของหลุมเจาะ A (1).....	56
รูปที่ 4.8.2	ข้อมูลหลุมเจาะของหลุมเจาะ A (2).....	57
รูปที่ 4.8.3	ข้อมูลหลุมเจาะของหลุมเจาะ A (3).....	58
รูปที่ 4.9	ขั้นตอนการเข้าสู่หน้าต่างการเลือกข้อมูลหลุมเจาะ.....	59
รูปที่ 4.10	หน้าต่างกรอกข้อมูลหลุมเจาะ.....	60
รูปที่ 4.11	หน้าต่างเลือกพิกัดหลุมเจาะบริเวณเขตบางเขน.....	60
รูปที่ 4.12	ตัวอย่างการกรอกชั้นดินของหลุมเจาะ.....	61
รูปที่ 4.13	หน้าต่างจัดเก็บข้อมูลหลุมเจาะ.....	61
รูปที่ 4.14	ขั้นตอนการเข้าสู่หน้าต่างการเลือกข้อมูลหลุมเจาะ.....	61
รูปที่ 4.15	หน้าต่างเลือกไฟล์เซฟมาทำการคำนวณ.....	62
รูปที่ 4.16	ตัวอย่างขั้นตอนการเลือกเสาเข็ม.....	62
รูปที่ 4.17	ผลจากการเลือกเสาเข็ม.....	62
รูปที่ 4.18	กรอกระดับปลายเสาเข็ม.....	63
รูปที่ 4.19	การกรอค่าอัตราส่วนปลอดภัย.....	63
รูปที่ 4.20	สูตรที่สามารถคำนวณได้ทั้งหมดจากกรณีที่เลือก.....	64
รูปที่ 4.21.1	ข้อมูลหลุมเจาะของหลุมเจาะ B (1).....	66
รูปที่ 4.21.2	ข้อมูลหลุมเจาะของหลุมเจาะ B (2).....	66
รูปที่ 4.21.3	ข้อมูลหลุมเจาะของหลุมเจาะ B (3).....	67
รูปที่ 4.21.4	ข้อมูลหลุมเจาะของหลุมเจาะ B (4).....	67
รูปที่ 4.21.5	ข้อมูลหลุมเจาะของหลุมเจาะ B (5).....	68
รูปที่ 4.22	ขั้นตอนการเข้าสู่หน้าต่างการเลือกข้อมูลหลุมเจาะ.....	68
รูปที่ 4.23	หน้าต่างกรอกข้อมูลหลุมเจาะ.....	68
รูปที่ 4.24	หน้าต่างเลือกพิกัดหลุมเจาะบริเวณเขตคลองสาน.....	68
รูปที่ 4.25	ตัวอย่างการกรอกชั้นดินของหลุมเจาะ.....	69
รูปที่ 4.26	หน้าต่างจัดเก็บข้อมูลหลุมเจาะ.....	69

รูปที่ 4.27	ขั้นตอนการเข้าสู่หน้าต่างการเลือกข้อมูลหลุมเจาะ.....	69
รูปที่ 4.28	หน้าต่างเลือกไฟล์เซฟมาทำการคำนวณ.....	70
รูปที่ 4.29	ตัวอย่างขั้นตอนการเลือกเสาเข็ม.....	70
รูปที่ 4.30	ผลจากการเลือกเสาเข็ม.....	70
รูปที่ 4.31	กรอกระดับปลายเสาเข็ม.....	70
รูปที่ 4.32	การกรอค่าอัตราส่วนปลอดภัย.....	71
รูปที่ 4.33	สูตรที่สามารถคำนวณได้ทั้งหมดจากกรณี que เลือก.....	71
รูปที่ 4.34	แถบเมนูบนหน้าต่างการเรียกข้อมูลหลุมเจาะ.....	82
รูปที่ 4.35	หน้าต่างแสดงฐานข้อมูลหลุมเจาะ.....	82
รูปที่ 4.36	หน้าต่างแสดงฐานข้อมูลในรูปแบบของแผนที่.....	83
รูปที่ 4.37	ขั้นตอนการเข้าสู่หน้าต่างการเลือกข้อมูลหลุมเจาะ.....	84
รูปที่ 4.38	ข้อมูลหลุมเจาะเขตบางเขนในหน้าต่างฐานข้อมูล.....	84
รูปที่ 4.39	ขั้นตอนการเลือกเสาเข็ม.....	85
รูปที่ 4.40	ผลจากการเลือกเสาเข็ม.....	85
รูปที่ 4.41	กรอกระดับปลายเสาเข็ม.....	85
รูปที่ 4.42	การเลือกสูตรกำลังรับน้ำหนักที่ปลายเสาเข็ม.....	85
รูปที่ 4.43	การเลือกกำลังรับน้ำหนักระหว่างเสาเข็มกับชั้นดิน.....	86
รูปที่ 4.44	การกรอค่าอัตราส่วนปลอดภัย.....	86
รูปที่ 4.45	หน้าต่างสูตรที่คำนวณได้ทั้งหมด.....	86
รูปที่ 4.46	กราฟเส้นแสดงผลการคำนวณในกรณีที่ 1.....	87
รูปที่ 4.47	หน้าต่างการเลือกรูปแบบไฟล์ในการออกรายงาน.....	87
รูปที่ 4.48	บันทึกไฟล์ Text Document ชื่อ EX4.....	87
รูปที่ 4.49	ไฟล์ EX 4 เปิดโดยโปรแกรม WordPad.....	88
รูปที่ 4.50	รายงานการคำนวณบนโปรแกรม MS Excel.....	88
รูปที่ 6.1	รูปแบบการเลือกเสาเข็มของโปรแกรม All-Pile.....	91