

การประเมินค่าความถูกต้องของค่าพารามิเตอร์สำหรับการทดสอบเสถียรภาพโดยวิธีพลศาสตร์



นายจักรกฤษณ์ จันจัด

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2549

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

PARAMETERS VERIFICATION FOR DYNAMIC LOAD TEST OF BORED PILES

Mr. Chakkrit Chanchad

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

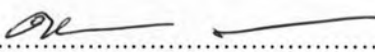
Academic Year 2006

Copyright of Chulalongkorn University

491812

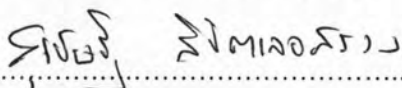
หัวข้อวิทยานิพนธ์	การประเมินค่าความถูกต้องของค่าพารามิเตอร์สำหรับการทดสอบ เสถียรภาพโดยวิธีพลศาสตร์
โดย	นายจักรกฤษณ์ จันจัด
สาขาวิชา	วิศวกรรมโยธา
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุเชษฐ ลิขิตเลอสรวง
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฐิรวัตร บุญญะฐิติ

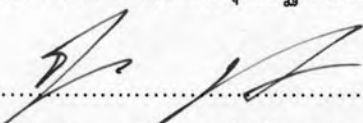
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วน
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

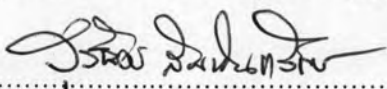

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.ดิเรก ลาวัณย์ศิริ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.บุญชัย อุกฤษฏชน)


..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุเชษฐ ลิขิตเลอสรวง)


..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ฐิรวัตร บุญญะฐิติ)


..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรัตน์ สัมพันธ์รักษ์)

นายจักรกฤษณ์ จันจัด : การประเมินค่าความถูกต้องของค่าพารามิเตอร์สำหรับการทดสอบเสาเข็มเจาะโดยวิธีพลศาสตร์ (PARAMETERS VERIFICATION FOR DYNAMIC LOAD TEST OF BORED PILES) อ.ที่ปรึกษา: ผศ.ดร.สุเชษฐ์ ลิขิตเลอสรวง, อ.ที่ปรึกษาร่วม: ผศ.ดร.ฐิรวัตร บุญญะฐิติ, 129 หน้า.

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อประเมินความถูกต้องของค่าพารามิเตอร์สำหรับการทดสอบเสาเข็มเจาะโดยวิธีพลศาสตร์ในชั้นดินกรุงเทพฯ โดยใช้ข้อมูลจากผลการทดสอบกำลังรับน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มเจาะด้วยวิธีสถิตศาสตร์ที่มีการติดตั้งเครื่องมือวัดชนิด VWSG และผลการทดสอบกำลังรับน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มเจาะด้วยวิธีพลศาสตร์ของเสาเข็มเจาะต้นเดียวกัน รวมทั้งพิจารณาถึงอิทธิพลของค่าแรงต้านทานของแต่ละชั้นดิน ค่า quake และ smith damping factor (SS) ที่มีต่อผลการวิเคราะห์กำลังรับน้ำหนักบรรทุกด้วยวิธีพลศาสตร์

จากการศึกษาอิทธิพลของค่า SS ที่มีต่อการวิเคราะห์หาค่ากำลังรับน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มเจาะ พบว่าค่า SS ที่โปรแกรมได้แนะนำสำหรับชั้นดินเหนียวคือ 0.66 สอดคล้องกับผลของงานวิจัยครั้งนี้คือ 0.70 สำหรับชั้นทราย ค่า SS ที่โปรแกรมแนะนำคือ 0.16 ไม่สอดคล้องกับผลของงานวิจัยครั้งนี้ซึ่งเท่ากับ 0.70 ซึ่งสันนิษฐานว่ามีสาเหตุจากชั้นทรายกรุงเทพฯ ที่มีคุณสมบัติต่างจากชั้นทรายในต่างประเทศ โดยมีปริมาณของอนุภาคขนาดเล็กค่อนข้างมาก รวมทั้งอาจเป็นเพราะการทดสอบกระทำกับเสาเข็มเจาะในขณะที่ค่า SS ที่แนะนำได้มาจากฐานข้อมูลของเสาเข็มตอกเป็นส่วนใหญ่

จากการศึกษาถึงอิทธิพลของค่าพารามิเตอร์ที่มีต่อผลการทดสอบด้วยวิธีพลศาสตร์พบว่า การเลือกใช้ค่า SS ต่ำ จะมีผลทำให้ค่าแรงต้านทานสถิตรวมและแรงต้านที่ปลายเข็มที่ได้จากการคำนวณมีค่าสูงกว่าความเป็นจริงและในทางกลับกัน การกำหนดค่า SS ที่สูงจะมีผลทำให้ค่าแรงต้านทานสถิตรวมและแรงต้านที่ปลายเสาเข็มที่คำนวณได้มีค่าต่ำกว่าความเป็นจริง

อนึ่งการวิจัยครั้งนี้มีข้อจำกัดคือการใช้ข้อมูลสนับสนุนจากผลการทดสอบเสาเข็มเจาะด้วยวิธีสถิตศาสตร์และวิธีพลศาสตร์ที่กระทำบนเสาเข็มต้นเดียวกันเพียง 1 ต้น และระยะระหว่างเสาเข็มทดสอบกับเสาเข็มสมอที่มีระยะห่างสามเท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางเสาเข็มซึ่งไม่เป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนดไว้คือห้าเท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางเสาเข็ม

ภาควิชา.....วิศวกรรมโยธา..... ลายมือชื่อนิสิต.....จักรกฤษณ์ จันจัด.....
 สาขาวิชา.....วิศวกรรมโยธา..... ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....สุเชษฐ์ ลิขิตเลอสรวง.....
 ปีการศึกษา...2549... ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

4670250721: MAJOR CIVIL ENGINEERING

KEY WORD: GEOTECHNICAL INSTRUMENTATION / STATIC LOAD TEST / DYNAMIC LOAD TEST /BORED PILE

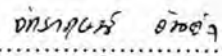
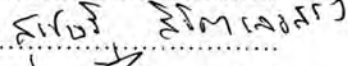
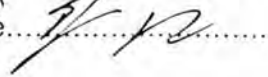
CHAKKRIT CHANCHAD : PARAMETERS VERIFICATION FOR DYNAMIC LOAD TEST OF BORED PILES. THESIS ADVISOR: ASST.PROF. SUCHED LIKITLERSUANG, Ph.D., THESIS CO-ADVISOR ASST.PROF. TIRAWAT BOONYATEE, D.Eng. 129 pp.

The purpose of this study is to verify the value of parameters for dynamic load testing of bored piles in Bangkok subsoil. The research is conducted based on results of static load testing of a WWSG instrumented bored pile and dynamic load testing of the same pile. In addition, parametric studies of bearing capacity parameter, quake and Smith damping factor (SS) are also carried out.

Based on parametric study of the influence of SS on bearing capacity determination, the recommended value of SS for clayey soil, which is 0.66, agrees with the value of 0.70 obtained in this study. However, the recommended value of sand (0.16) is lower than the value obtained in this study, which is 0.70. It is suspected that the discrepancy is due to the high amount of fine particles in Bangkok sand. Moreover, the recommended value is based mainly on the database of driven pile.

It is also founded that predicted static bearing capacity of pile varies inversely with the value of SS. For instance, lower value of SS will result in higher value of static shaft and toe resistances of pile.

Finally, It is noted that this study is conducted based on only one pile load test and the distance between test pile and anchor piles is not equal to five times of pile diameter as specified in ASTM standard (D 1143).

Department.....	Civil Engineering.....	Student's signature.....	
Field of study.....	Civil Engineering.....	Advisor's signature.....	
Academic year.....	2006.....	Co- advisor's signature.....	

กิตติกรรมประกาศ

การทำวิทยานิพนธ์เรื่อง “การประเมินค่าความถูกต้องของค่าพารามิเตอร์สำหรับการทดสอบเสถียรภาพโดยวิธีพลศาสตร์” ผู้เขียนขอแสดงความขอบพระคุณ

ผศ.ดร. สุเชษฐ ลิขิตเลอสรวง อาจารย์ที่ปรึกษา ซึ่งได้ให้คำปรึกษาและข้อคิดเห็นต่างๆ ตลอดจนช่วยแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆในการทำวิทยานิพนธ์นี้ ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ผศ.ดร. รุจิรวัตร บุญญะฐิติ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่สละเวลาช่วงเย็นหลังผู้เขียนเลิกงาน คอยให้คำปรึกษาและข้อคิดเห็นต่างๆ ตลอดจนช่วยแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆในการทำวิทยานิพนธ์นี้ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

รศ.ดร.บุญชัย อุกฤษฏาชน และ ผศ.ดร.สุรฉัตร สัมพันธ์รักษ์ ที่ได้ร่วมเป็นคณะกรรมการตรวจสอบวิทยานิพนธ์ ตลอดจนให้คำแนะนำทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

อาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิประสาทความรู้ต่างๆ ให้แก่ผู้เขียนเป็นอย่างดี

คุณธนบัตร เอื้อวรกุลชัย วิศวกรธรณีเทคนิค บริษัท เอส ที เอส อินสตรูเมนต์ จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์ในเรื่องโปรแกรมคอมพิวเตอร์ CAPWAPC เพื่อใช้ในการงานวิจัยนี้

บริษัท ซีฟโก้ จำกัด (มหาชน) ที่ได้ให้ความช่วยเหลือในเรื่องข้อมูลและเวลาว่างในการทำงานวิจัย

บิดา มารดา และพี่น้องที่คอยให้กำลังใจและเป็นแรงผลักดันในยามที่ผู้วิจัยรู้สึกท้อแท้ในการทำวิทยานิพนธ์

เพื่อนๆ พี่ๆ ทุกคนที่ได้ให้ความช่วยเหลือทุกท่านที่ไม่ได้กล่าวไว้ ณ ที่นี้ที่มีส่วนทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญรูป.....	ฎ
สารบัญตาราง.....	ฐ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....	2
1.3 วิธีดำเนินงานวิจัยโดยย่อ.....	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย.....	4
2.1 พารามิเตอร์ที่สำคัญสำหรับดินกรุงเทพฯ.....	4
2.1.1 ชั้นทราย.....	4
2.1.2 ชั้นดินเหนียว.....	6
2.2 เครื่องมือวัดในเสาเข็มเจาะ.....	7
2.2.1 Vibrating Wire Strain Gauge (VWSG).....	8
2.2.2 Extensometer.....	9
2.3 การประเมินค่ากำลังรับน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มเดี่ยว.....	10
2.3.1 วิธีสมดุสถิต.....	10
2.4 การทดสอบกำลังรับน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็ม.....	16
2.4.1 การทดสอบโดยวิธีสถิตศาสตร์ (Static load test).....	16
2.4.2 การทดสอบโดยวิธีพลศาสตร์ (Dynamic load test).....	19
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย.....	45
3.1 ข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัย.....	45
3.1.1 เสาเข็มเจาะที่มีการติดตั้งเครื่องมือวัดชนิด VWSG.....	45
3.2 ข้อมูลการเจาะสำรวจชั้นดิน.....	48

	หน้า
3.3 การวิเคราะห์ข้อมูล	49
3.3.1 การแปลผลจากเครื่องมือวัดชนิด VWSG.....	50
3.3.2 การใส่ค่าพารามิเตอร์ในโปรแกรม CAPWAPC	50
3.3.3 ลำดับการศึกษาอิงพารามิเตอร์ (parametric study)	50
บทที่ 4 วิเคราะห์ผลการทดสอบ	53
4.1 การแปลผลการทดสอบจาก VWSG	53
4.1.1 ชั้นดินเหนียวอ่อน (Soft clay).....	53
4.1.2 ชั้นดินเหนียวปานกลาง (Medium clay).....	53
4.1.3 ชั้นดินเหนียวแข็งถึงแข็งมาก (Stiff to very stiff clay).....	54
4.1.4 ชั้นดินทรายแน่นถึงแน่นมาก (Dense to very dense sand)	55
4.1.5 ชั้นดินทรายแน่นมาก (Very dense sand)	55
4.2 การศึกษาอิงพารามิเตอร์ (parametric study).....	57
4.2.1 การเปลี่ยนแปลงค่า quake ไม่ให้มีผลต่อค่าแรงต้านทานดินของชั้นทราย	58
4.2.2 การเปลี่ยนแปลงค่า Smith damping factor (SS)	60
4.2.3 การใช้ Smith damping factor (SS) ตามคำแนะนำของ โปรแกรม CAPWAPC	62
4.2.4 การเปลี่ยนแปลงค่าแรงต้านทานดิน (R_u).....	63
4.2.5 การเปลี่ยนแปลงค่า quake	65
4.2.6 การเปลี่ยนแปลงค่าแรงต้านทานของแต่ละชั้นดินด้วยวิธีสมมูลสถิต	67
4.2 การศึกษาอิทธิพลของค่า Smith damping factor (SS) ต่อชั้นทราย	68
บทที่ 5 สรุปผลงานวิจัยและข้อเสนอแนะ	70
5.1 สรุปผลการทดสอบ	70
5.1.1 พารามิเตอร์สำหรับการทดสอบไดวิวิพลศาสตร์	70
5.1.2 อิทธิพลของ ค่า Smith damping factor ในแต่ละชั้นดิน.....	71
5.1.3 แนวทางการประเมินพารามิเตอร์ที่มีผลต่อสัญญาณที่คำนวณได้.....	71
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	72
รายการอ้างอิง	73
ภาคผนวก	76
ภาคผนวก ก	77

	หน้า
ภาคผนวก ข	83
ภาคผนวก ค	88
ภาคผนวก ง.....	102
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	129

สารบัญภาพ

ภาพประกอบ	หน้า
รูปที่ 2.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง N' (SPT) กับค่า ϕ' (Peck, Hanson & Thornburn, 1974)	5
รูปที่ 2.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า C_N กับค่า σ'_{v0} (Peck, Hanson & Thornburn, 1974)	6
รูปที่ 2.3 ลักษณะการติดตั้ง WWSG ในเสาเข็มเจาะ	9
รูปที่ 2.4 ความสัมพันธ์ระหว่าง α กับ s_u ของดินเหนียวกรุงเทพฯ (Pimpasugdi, 1989)	13
รูปที่ 2.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า N_q กับค่ามุม ϕ' ในชั้นดินกรุงเทพฯ	15
รูปที่ 2.6 แสดงการทดสอบกำลังรับน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มแบบสถิตศาสตร์	16
รูปที่ 2.7 แสดงแม่แรงไฮดรอลิก (Hydraulic jack) ที่ใช้ในการทดสอบ	17
รูปที่ 2.8 วิธีหาน้ำหนักบรรทุกประลัยของ Mazurkiewicz (1972)	18
รูปที่ 2.9 วิธีหาน้ำหนักบรรทุกประลัยของ Butler & Hoy (1977)	19
รูปที่ 2.10 แสดงความสัมพันธ์ต่างๆ และความเร็ว	20
รูปที่ 2.11 แสดงแบบจำลองของ Smith และความต่อเนื่องของส่วนของเสาเข็ม	21
รูปที่ 2.12 แสดงแบบจำลองสมการคลื่นของ Smith (Goble และ Rausche, 1976)	24
รูปที่ 2.13 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง damping factor กับมุมเสียดทานภายใน ของทราย (Coyle และ Gobson, 1970)	26
รูปที่ 2.14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า damping factor กับ Liquidity index ของดินเหนียว (Coyle และ Gobson, 1970)	26
รูปที่ 2.15 แสดง Strain transducer และ Accelerometer	29
รูปที่ 2.16 แสดงข้อมูลบนหน้าจอ PDA	29
รูปที่ 2.17 แสดงการติดตั้งเครื่องมือวัดสัญญาณโดย PDA บนเสาเข็มเจาะ	30
รูปที่ 2.18 แสดงแนวทางของคลื่นของแรงและความเร็ว เมื่อเกิดความเสียหายใน เสาเข็มคอนกรีต	34
รูปที่ 2.19 แสดงถึงความสัมพันธ์ของ quake กับ แรงต้านทางสถิตใน CAPWAPC	38
รูปที่ 2.20 แสดงแบบจำลองแรงต้านของดินและการแบ่งชั้นส่วนของเสาเข็ม	39
รูปที่ 2.21 แสดงถึงการแบ่งช่วงเวลาในการวิเคราะห์ด้วย CAPWAPC	43
รูปที่ 2.22 แสดงขั้นตอนในการวิเคราะห์ผลด้วย CAPWAPC	44

ภาพประกอบ	หน้า
รูปที่ 3.1 แสดงที่ตั้งโครงการที่มีการทดสอบเสาเข็มโดยวิธีสถิตศาสตร์และวิธีพลศาสตร์ ในเขตพื้นที่กรุงเทพฯ	46
รูปที่ 3.2 ตำแหน่งการทดสอบเสาเข็มเจาะในโครงการศูนย์พลังงานแห่งชาติ	47
รูปที่ 3.3 แสดงตำแหน่งการติดตั้ง VWSG ในโครงการศูนย์พลังงานแห่งชาติ	48
รูปที่ 4.1 การแปลผล ค่า Quake และ แรงต้านทานดิน ในชั้นดินเหนียวอ่อน (Soft clay)	54
รูปที่ 4.2 การแปลผล ค่า Quake และ แรงต้านทานดิน ในชั้นดินเหนียวปานกลาง (Medium clay)	54
รูปที่ 4.3 การแปลผล ค่า Quake และ แรงต้านทานดิน ในชั้นดินเหนียวแข็งถึงแข็งมาก (Stiff to very stiff clay)	55
รูปที่ 4.4 การแปลผล ค่า Quake และ แรงต้านทานดิน ในชั้นดินทรายแน่นถึงแน่นมาก (Dense to very dense sand)	56
รูปที่ 4.5 การแปลผล ค่า Quake และ แรงต้านทานดิน ในชั้นดินทรายแน่นมาก (Very dense sand)	56
รูปที่ 4.6 แสดงค่าแรงกับการเคลื่อนที่ปลายเสาเข็ม	57
รูปที่ 4.7 เปรียบเทียบแรงกับการทรุดตัวระหว่างการทดสอบวิธีสถิตศาสตร์และการแปลผล ทดสอบที่ได้จากเครื่องมือวัด	58
รูปที่ 4.8 สัญญาณที่มีการปรับแก้ค่า quake สำหรับชั้นทรายให้เป็นไปตามข้อจำกัด ของโปรแกรม CAPWAPC	59
รูปที่ 4.9 แรงกับการทรุดตัวที่มีการปรับแก้ค่า quake สำหรับชั้นทรายให้เป็นไปตามข้อจำกัด ของโปรแกรม CAPWAPC	59
รูปที่ 4.10 สัญญาณที่มีการเปลี่ยนแปลงค่า Smith damping factor (SS)	61
รูปที่ 4.11 แรงกับการทรุดตัวที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงค่า Smith damping factor (SS)	61
รูปที่ 4.12 สัญญาณที่มีการเปลี่ยนแปลงค่า Smith damping factor (SS) ตามคำแนะนำของโปรแกรม CAPWAPC	62
รูปที่ 4.13 แรงกับการทรุดตัวที่เกิดการเปลี่ยนแปลงค่า Smith damping factor (SS) ตามคำแนะนำของโปรแกรม CAPWAPC	63
รูปที่ 4.14 สัญญาณที่มีการเปลี่ยนแปลงค่าแรงต้านทานดิน (R_u)	64
รูปที่ 4.15 แรงกับการทรุดตัวเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงค่าแรงต้านทานดิน (R_u)	65
รูปที่ 4.16 สัญญาณที่มีการเปลี่ยนแปลงค่า Quake	66

ภาพประกอบ	หน้า
รูปที่ 4.17 แรงกับการทรุดตัวเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงค่า Quake	66
รูปที่ 4.18 สัญญาณเนื่องจากการใช้ค่าแรงต้านทานของแต่ละชั้นดินด้วยวิธีสมมูลสถิต	67
รูปที่ 4.19 แรงกับการทรุดตัวเนื่องจากค่าแรงต้านทานของแต่ละชั้นดินด้วยวิธีสมมูลสถิต.....	68
รูปที่ 5.1 แนวทางการประเมินค่า smith damping factor ที่มีผลต่อสัญญาณ.....	71
รูปที่ 5.2 แนวทางการประเมินค่าแรงต้านทานดินที่มีผลต่อสัญญาณ	71

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
ตารางที่ 2.1 แสดงค่า Quake, Damping factor, % R_u (Forehand และ Reese, 1964)	25
ตารางที่ 2.2 แสดงค่าความเร็วคลื่นในวัสดุต่างๆ	28
ตารางที่ 2.3 แสดงถึงเกณฑ์ของค่าความเค้นอัดและความเค้นถึงสูงสุดที่ยอมให้ แนะนำโดย Federal Highway Administration รวบรวมโดย Vanikar (1986)	32
ตารางที่ 2.4 จำแนกสภาพความสมบูรณ์ของเสาเข็ม (β) (Rauche และ Goble, 1986)	33
ตารางที่ 2.5 แสดงค่า Case damping factor จำแนกตามชนิดของดินที่ปลาย เสาเข็ม (Rausche และ Goble, 1975)	37
ตารางที่ 3.1 แสดงการทดสอบเสาเข็มเจาะโดยวิธีสถิตศาสตร์และวิธีพลศาสตร์ใน เสาเข็มเจาะต้นเดียวกันเขตพื้นที่กรุงเทพฯ ที่ใช้ในงานวิจัยนี้	45
ตารางที่ 3.2 ลำดับการทำ Parametric study	51
ตารางที่ 4.1 ค่าที่ได้จากการเปลี่ยนแปลงค่า Smith damping factor (SS)	60
ตารางที่ 4.2 ค่าที่ได้จากการเปลี่ยนแปลงค่าแรงต้านทานดิน (R_u)	64
ตารางที่ 4.3 ค่าที่ได้จากการเปลี่ยนแปลง quake	65
ตารางที่ 4.4 ข้อมูลค่า Smith damping factor (SS) ตามลักษณะของชั้นดิน	68
ตารางที่ 5.1 สรุปพารามิเตอร์หลักที่ใช้ในการทดสอบโดยวิธีพลศาสตร์ของแต่ละ การเปลี่ยนแปลงชั้นดิน	70