

สารบัญ

	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความสำคัญและที่มาของโครงการ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	1
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.4 ขอบเขตของโครงการ	2
1.5 ขั้นตอนการทำโครงการ	2
1.6 ขั้นตอนการทำโครงการ	3
1.7 แผนการดำเนินงานตลอดโครงการ	4
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี	
2.1 พฤติกรรมของดินโดยรอบเสาเข็ม	6
2.2 ชนิดของเสาเข็ม	7
2.2.1 ชนิดของเข็มตามลักษณะของวัสดุ	7
2.2.2 ชนิดของเข็มตามลักษณะการติดตั้ง	8
2.3 ลักษณะการใช้งานของเข็ม	10
2.4 เครื่องมือในการตอกเข็ม	11
2.5 การหาแรงต้านของเสาเข็ม โดยวิธีไดนามิกส์	14
2.6 การหาแรงต้านของเสาเข็ม โดยวิธีสแตติกส์	18
2.7 การหาแรงต้านของเสาเข็ม โดยเทศบัญญัติกรุงเทพมหานคร	25
2.8 การหาแรงต้านของเสาเข็ม โดยข้อมูลจาก	
Dutch Cone Penetration	26
2.9 การหาแรงต้านของเสาเข็ม โดยข้อมูลจากการตอกทดลอง	
(Standard Penetration Test)	31
2.11 การลดลงของเข็มในชั้นดินอ่อน	
(Negative Skin Friction)	34
2.11 การทดสอบเสาเข็มในสนาม (Pile Load Test)	37
2.12 ลักษณะทั่วไปของพื้นที่ที่ศึกษา	42

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ 3	วิธีการดำเนินงานวิจัย	
3.1	แผนการดำเนินงานวิจัย	46
3.2	ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย	47
บทที่ 4	ผลการวิจัย	
4.1	ข้อมูลสภาพขั้นต้นและตัวอย่างเสาเข็มที่พิจารณา	53
4.2	สรุปผลงานวิจัย	54
บทที่ 5	วิเคราะห์และสรุปผล	
5.1	วิเคราะห์ผลการวิจัย	56
5.2	สรุปผลการวิจัย	61
บรรณานุกรม		62
ภาคผนวก		
ภาคผนวก ก	รายละเอียดผลการวิจัย	64
ภาคผนวก ข	รายละเอียดการวิเคราะห์ความแปรปรวน	84
ประวัติผู้เขียน		121



สารบัญรูป

รูปภาพ		หน้า
รูปที่ 1	ชั้นดินกรุงเทพฯ บริเวณสะพานทางด่วนดาวคะนอง-ท่าเรือ	5
รูปที่ 2	การเคลื่อนตัวของดินบริเวณเสาเข็ม	6
รูปที่ 3	การถ่ายน้ำหนักของเข็มบนดินหลายชั้น	7
รูปที่ 4	ลักษณะเข็มชนิดต่างๆ	9
รูปที่ 5	ขั้นตอนการทำเข็มคอนกรีตหล่อในที่	9
รูปที่ 6	ลักษณะการใช้งานของเข็ม	10
รูปที่ 7	เครื่องตอกเข็มแบบปั้นจั่นลูกตุ้ม	11
รูปที่ 8	เครื่องตอกเข็มแบบดีเซล	12
รูปที่ 9	พลังงานในการตอกเสาเข็ม	14
รูปที่ 10	การรับแรงด้านของเข็มเดี่ยว	
	ก. หน่วยแรงตามความยาวเข็ม	19
	ข. หน่วยแรงที่ผิวเข็ม	19
รูปที่ 11	ค่าสัมประสิทธิ์ β และ C ของดินเหนียว	21
รูปที่ 12	แรงดันที่ปลายเข็ม	22
รูปที่ 13	เสาเข็มในดินหลายชั้น	23
รูปที่ 14	รูปประกอบตัวอย่าง	24
รูปที่ 15	กำหนดหน่วยความฝืดบนผิวเข็มตามเทศบัญญัติ ก.ท.ม.	26
รูปที่ 16	การหยั่งชั้นดินด้วย Dutch Cone Penetrometer	27
รูปที่ 17	แรงดันของชั้นดินจากการหยั่งด้วย Dutch Cone Penetrometer	28
รูปที่ 18	การเกิดแรงลดลงของเสาเข็มบนดินอ่อน	34
รูปที่ 19	การคำนวณแรงจุด โดยวิเคราะห์จากการเคลื่อนตัว	35
รูปที่ 20	การคำนวณแรงจุดโดยประมาณ	36
รูปที่ 21	การบรรทุกน้ำหนักโดยใช้เข็มสมอ	38
รูปที่ 22	การบรรทุกน้ำหนักโดยใช้วัสดุ	39
รูปที่ 23	การติดตั้ง Dial Gage เพื่อวัดการทรุดตัวของเข็ม	39
รูปที่ 24	ความสัมพันธ์ระหว่าง น้ำหนัก - เวลา- การทรุดตัวของเข็มทดสอบ	41
รูปที่ 25	กราฟน้ำหนักบรรทุกและการทรุดตัว	41

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ 26	การเขียนกราฟน้ำหนักบรรทุกบนสเกลลอกกาลิมี	42
รูปที่ 27	แสดงลักษณะของชั้นดินบริเวณที่ราบลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยา	42
รูปที่ 28	แสดงการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำทะเลตั้งแต่อดีตเปรียบกับ ระดับน้ำทะเลในปัจจุบัน	43
รูปที่ 29	แสดงสภาพชั้นดินบริเวณกรุงเทพฯ ฯ	44
รูปที่ 30	แสดงการกัดกร่อนและผุกร่อนบริเวณอ่าวไทย	45
รูปที่ 31	แสดงแผนการดำเนินงาน	46
รูปที่ 32	ข้อมูลสภาพชั้นดินและตัวอย่างเสาเข็มที่พิจารณา	53



สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
ตารางที่ 1	แผนงานและการดำเนินงานตลอดโครงการ	4
ตารางที่ 2	รายละเอียดเครื่องตอกเข็มแบบดีเซล	13
ตารางที่ 3	สมการแรงต้านเสาเข็มจากการตอก	15
ตารางที่ 4	ค่าประสิทธิภาพของตุ้มตอก, e	16
ตารางที่ 5	ค่า C_1 , C_2 และ C_3 จาก Hiley	16
ตารางที่ 6	ค่าสัมประสิทธิ์ k ของการรองตอก	17
ตารางที่ 7	สรุปข้อมูลทางสถิติของสมการตอกเสาเข็ม	17
ตารางที่ 8	สัมประสิทธิ์แรงดันดินด้านข้างเข็ม K_s และมุม α ของดินทราย	21
ตารางที่ 9	ค่าสัมประสิทธิ์ α และ λ ของดินกรุงเทพฯ	29
ตารางที่ 10	ตารางแสดงรายการคำนวณ	29
ตารางที่ 11	ตัวอย่างแสดงการวิเคราะห์ค่า (Qs)	49
ตารางที่ 12	ตัวอย่างแสดงการวิเคราะห์ค่า (Qt)	50
ตารางที่ 13	ตัวอย่างแสดงการวิเคราะห์ค่า (Qu)	51
ตารางที่ 14	ตัวอย่างแสดงการวิเคราะห์ค่า (Qa)	52
ตารางที่ 15	สรุปผลงานวิจัย	54
ตารางที่ 16	ผลการดำเนินการจัดเรียงข้อมูลตามความลึก	65
ตารางที่ 15	แสดงค่าแรงต้านเนื่องจากผิวของเสาเข็มขนาด 0.20 x 0.20 เมตร ปลายเสาเข็มอยู่ที่ความลึก 24.45 เมตร	85
ตารางที่ 16	แสดงค่าแรงต้านเนื่องจากผิวของเสาเข็มขนาด 0.30 x 0.30 เมตร ปลายเสาเข็มอยู่ที่ความลึก 24.45 เมตร	89
ตารางที่ 17	แสดงค่าแรงต้านเนื่องจากผิวของเสาเข็มขนาด 0.40 x 0.40 เมตร ปลายเสาเข็มอยู่ที่ความลึก 24.45 เมตร	93
ตารางที่ 18	แสดงค่าแรงต้านเนื่องจากผิวของเสาเข็มขนาด 0.20 x 0.20 เมตร ปลายเสาเข็มอยู่ที่ความลึก 22.95 เมตร	97
ตารางที่ 19	แสดงค่าแรงต้านเนื่องจากผิวของเสาเข็มขนาด 0.30 x 0.30 เมตร ปลายเสาเข็มอยู่ที่ความลึก 22.95 เมตร	101

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง		หน้า
ตารางที่ 20	แสดงค่าแรงต้านเนื่องจากผิวของเสาเข็มขนาด 0.40 x 0.40 เมตร ปลายเสาเข็มอยู่ที่ความลึก 22.95 เมตร	105
ตารางที่ 21	แสดงค่าแรงต้านเนื่องจากผิวของเสาเข็มขนาด 0.20 x 0.20 เมตร ปลายเสาเข็มอยู่ที่ความลึก 19.95 เมตร	109
ตารางที่ 22	แสดงค่าแรงต้านเนื่องจากผิวของเสาเข็มขนาด 0.30 x 0.30 เมตร ปลายเสาเข็มอยู่ที่ความลึก 19.95 เมตร	113
ตารางที่ 23	แสดงค่าแรงต้านเนื่องจากผิวของเสาเข็มขนาด 0.40 x 0.40 เมตร ปลายเสาเข็มอยู่ที่ความลึก 19.95 เมตร	117



สัญลักษณ์

W	=	น้ำหนักของลูกตุ้มตอก
H	=	ระยะยก
R_u	=	แรงต้านทานสูงสุดของชั้นดิน
S	=	ระยะจม
L	=	พลังงานส่วนที่สูญหาย
R_u	=	แรงดันสูงสุดของเข็ม, ตัน
C	=	สัมประสิทธิ์การสูญเสียพลังงาน, ชม.
e	=	ประสิทธิภาพของการตอก, ไม่มีหน่วย
L	=	ความยาวของเข็ม, ชม.
A	=	พื้นที่หน้าตัดของเข็ม, ตร.ชม.
E	=	โมดูลัสอีลาสติคของเข็ม, ตัน/ตร.ชม.
c	=	ความเหนียวของดิน
θ	=	มุมเสียดทานภายในของดิน
γ	=	ความหนาแน่นของดิน
B	=	ขนาดของเสาเข็ม
L	=	ความยาวเสาเข็ม
L_s	=	ความยาวเส้นรอบรูปของเสาเข็ม
L	=	ความยาวเสาเข็ม
τ_s	=	หน่วยแรงต้านที่ผิวเข็มที่ตำแหน่ง L จากผิวดิน
τ_a	=	หน่วยแรงต้านที่ผิวเฉลี่ยได้จากการอินทิเกรต
β	=	สัมประสิทธิ์แรงยึดเหนี่ยวของผิวเข็มและดินรอบข้างเป็นอัตราส่วนของค่า c
K_S	=	สัมประสิทธิ์แรงค้ำดินด้านข้างของดินรอบผิวเข็ม
γ	=	หน่วยน้ำหนักของดินรอบเข็ม
α	=	มุมความเสียดทานระหว่างผิวเข็มและดินรอบข้าง ซึ่งมักจะน้อยกว่าค่ามุม
A_p	=	พื้นที่หน้าตัดประสิทธิภาพที่ปลายเสาเข็ม
q_u	=	หน่วยแรงต้านของชั้นดินที่ปลายเสาเข็ม
n	=	จำนวนชั้นของดินตลอดความยาวเสาเข็ม

สัญลักษณ์ (ต่อ)

n	=	จำนวนชั้นดิน
α_i	=	ค่าสัมประสิทธิ์ความฝืดของดินแต่ละชั้น
q_{ft}	=	หน่วยแรงฝืดที่วัดได้จากการหยั่ง (ตัน / ตารางเมตร)
L	=	ความหนาของชั้นดินแต่ละชั้น (เมตร)
P	=	ความยาวเส้นรอบรูปประสิทธิผลของเสาเข็ม (เมตร)
A_p	=	พื้นที่หน้าตัดเสาเข็ม (ตารางเมตร)
q_c	=	หน่วยแรงต้านทานที่ปลายของหัวกรวยในระยะ 4 เท่า ของขนาด
N'	=	คือค่า SPT ที่ปรับแก้แล้วในหน่วยครั้งต่อ 300 มม.
\bar{N}'_O	=	ค่า N' ปรับแก้สำหรับชั้นดินด้านบน
\bar{N}'_B	=	ค่า N' ปรับแก้สำหรับชั้นดินด้านล่าง
D_B	=	ความลึกของปลายเสาเข็มที่ฝังอยู่ (เมตร)
b	=	เส้นผ่านศูนย์กลางกลางของเสาเข็ม (เมตร)
β	=	สัมประสิทธิ์แรงยึดเหนี่ยวของผิวเข็มและดิน
C	=	ความเหนียวของดิน
L_s	=	เส้นรอบรูปประสิทธิผลของเสาเข็ม