

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ค
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
สารบัญ	ฉ
สารบัญตารางประกอบ	ช
สารบัญรูปประกอบ	ญ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 คำนำ	1
1.2 ปัญหาและที่มาของโครงการ	1
1.3 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	2
1.4 ขอบเขตของการวิจัย	2
1.5 สรุปสาระสำคัญจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง	3
บทที่ 2 ทฤษฎี	
2.1 การคำนวณแรงโก่งเคาะใช้วิธี โมดูลัสสัมผัส (Tangent Modulus)	10
2.2 การคำนวณแรงโก่งเคาะโดยวิธี Southwell plot	11
2.3 การออกแบบเสาเหล็กกับรจกอนกรีตโดยข้อกำหนดของ (AISC-LRFD)	15
บทที่ 3 การเตรียมตัวอย่างและทดสอบ	
3.1 วัสดุที่ใช้สร้างตัวอย่างทดสอบ	17
3.2 ลักษณะของตัวอย่างของเสาทดสอบ	17
3.3 จำนวนตัวอย่างทดสอบ	18
3.4 อุปกรณ์เครื่องมือที่ใช้การวิจัย	18
3.5 ตัวอย่างเสาสำหรับทดสอบ	
3.5.1 การเตรียมตัวอย่างเสา	19
3.5.2 คุณสมบัติและการเรียกชื่อตัวอย่างเสาทดสอบ	20
3.6 การทดสอบวัสดุ	20

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.7 การทดสอบเสา	20
บทที่ 4 ผลการทดสอบ	
4.1 ผลการทดสอบวัสดุ	26
4.1.1 ผลการทดสอบกำลังดึงของเหล็กจำนวน 5 ตัวอย่าง	27
4.1.2 ผลการทดสอบกำลังอัดคอนกรีตทรงกระบอกจำนวน 18 ตัวอย่าง	27
4.2. ผลการทดสอบเสาเหล็กจตุรัสกลวงบรรจุคอนกรีต	28
บทที่ 5 วิเคราะห์ผลการทดสอบ	
5.1 พฤติกรรมระหว่างแรงกับระยะ โกง	37
5.2 แรงโก่งเคาะของเสาแต่ละแบบกับ L/D	40
5.3 เปรียบเทียบแรงโก่งเคาะของเสาแต่ละประเภทที่ L/D เดียวกัน	41
5.4 การคำนวณแรงโก่งเคาะ โดยวิธี Tangent Modulus	43
5.5 การใช้วิธี Southwell plot มาคำนวณแรงโก่งเคาะของ Euler	43
5.6 แรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับเหล็ก	44
5.7 เปรียบแรงโก่งเคาะจากการทดลองกับการคำนวณของ AISC โดยวิธี LRFD	44
บทที่ 6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	
6.1 สรุปผลการวิจัย	46
6.2 ข้อเสนอแนะ	47
บรรณานุกรม	48
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก ข้อมูลผลการทดลอง	50
ภาคผนวก ข รูปการทดลอง	83
ภาคผนวก ค รูปกราฟความสัมพันธ์ของ Southwell plot	89
ภาคผนวก ง ตัวอย่างการคำนวณ	99
ภาคผนวก จ คุณสมบัติของวัสดุและการเปรียบเทียบเครื่องอัดแรง	106
ประวัติผู้เขียน	112

สาขาอุตสาหกรรมการผลิต

ตารางที่	หน้า
3.1 จำนวนตัวอย่าง ตาม แบบและอัตราส่วนความยาวต่อความกว้างของหน้าตัด	18
3.2 คุณสมบัติทั่วไปของตัวอย่างเสาเหล็กจัดรัศกลวงบรรจุคอนกรีต	21
4.1 ผลการทดสอบกำลังดึงของเหล็กจำนวน 5 ตัวอย่าง	26
4.2 ผลการทดสอบกำลังอัดคอนกรีตทรงกระบอก จำนวน 18 ตัวอย่าง	27
4.3 ค่าแรงโก่งเคาะของเสาทดสอบทั้งหมด 27 ต้น	34
4.4 ค่าแรงโก่งเคาะจาก Southwell Plot ของเสาทดสอบทั้งหมด 27 ต้น	36
5.1 แรงโก่งเคาะที่ลดลงคิดเป็นร้อยละของเสาแบบเดียวกันจาก $L/D=20$	40
5.2 เปรียบเทียบแรงโก่งเคาะจากการทดลองกับการคำนวณของ AISC โดยวิธี LRFD	44
ก.1 ข้อมูลค่าแรงและระยะการเคลื่อนที่จากการทดลองของเสา A1501	51
ก.2 ข้อมูลค่าแรงและระยะการเคลื่อนที่จากการทดลองของเสา A1502	52
ก.3 ข้อมูลค่าแรงและระยะการเคลื่อนที่จากการทดลองของเสา A1503	53
ก.4 ข้อมูลค่าแรงและระยะการเคลื่อนที่จากการทดลองของเสา B1501	54
ก.5 ข้อมูลค่าแรงและระยะการเคลื่อนที่จากการทดลองของเสา B1502	55
ก.6 ข้อมูลค่าแรงและระยะการเคลื่อนที่จากการทดลองของเสา B1503	56
ก.7 ข้อมูลค่าแรงและระยะการเคลื่อนที่จากการทดลองของเสา C1501	57
ก.8 ข้อมูลค่าแรงและระยะการเคลื่อนที่จากการทดลองของเสา C1502	58
ก.9 ข้อมูลค่าแรงและระยะการเคลื่อนที่จากการทดลองของเสา C1503	59
ก.10 ข้อมูลค่าแรงและระยะการเคลื่อนที่จากการทดลองของเสา A1871	60
ก.11 ข้อมูลค่าแรงและระยะการเคลื่อนที่จากการทดลองของเสา A1872	61
ก.12 ข้อมูลค่าแรงและระยะการเคลื่อนที่จากการทดลองของเสา A1873	62
ก.13 ข้อมูลค่าแรงและระยะการเคลื่อนที่จากการทดลองของเสา B1871	63
ก.14 ข้อมูลค่าแรงและระยะการเคลื่อนที่จากการทดลองของเสา B1872	64
ก.15 ข้อมูลค่าแรงและระยะการเคลื่อนที่จากการทดลองของเสา B1873	65
ก.16 ข้อมูลค่าแรงและระยะการเคลื่อนที่จากการทดลองของเสา C1871	66
ก.17 ข้อมูลค่าแรงและระยะการเคลื่อนที่จากการทดลองของเสา C1872	67

สาขานูตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ก.18 ข้อมูลค่าแรงและระยะการเคลื่อนที่จากการทดลองของเสา C1873	68
ก.19 ข้อมูลค่าแรงและระยะการเคลื่อนที่จากการทดลองของเสา A2251	69
ก.20 ข้อมูลค่าแรงและระยะการเคลื่อนที่จากการทดลองของเสา A2252	70
ก.21 ข้อมูลค่าแรงและระยะการเคลื่อนที่จากการทดลองของเสา A2253	71
ก.22 ข้อมูลค่าแรงและระยะการเคลื่อนที่จากการทดลองของเสา B2251	72
ก.23 ข้อมูลค่าแรงและระยะการเคลื่อนที่จากการทดลองของเสา B2252	73
ก.24 ข้อมูลค่าแรงและระยะการเคลื่อนที่จากการทดลองของเสา B2253	74
ก.25 ข้อมูลค่าแรงและระยะการเคลื่อนที่จากการทดลองของเสา C2251	75
ก.26 ข้อมูลค่าแรงและระยะการเคลื่อนที่จากการทดลองของเสา C2252	76
ก.27 ข้อมูลค่าแรงและระยะการเคลื่อนที่จากการทดลองของเสา C2253	77
ง.1 ค่าแรงโค้งเคาะกับ L/D จากวิธี Tangent Modulus	104
จ.1 การหาขนาดคดของทราย	108
จ.2 การหาขนาดคดของหิน	108

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1.1 รูปแบบการวิบัติ	3
1.2 รูปแบบเสา	6
1.3 ลักษณะการเกิดรอยแตกร้าว	7
1.4 รูปแบบการโก่งเดาะ (Buckling) ของ Plate Panel	8
2.1 รูปร่างการโก่งของเสาที่มีความโค้งเริ่มต้น (Initial Geometric Imperfect)	12
2.2 ความสัมพันธ์สมการของ Southwell plot	14
3.1 รูปแบบการรับน้ำหนักของเสาเหล็กกลวงบรรจุคอนกรีต	17
3.2 ขั้นตอนการหล่อเสาพร้อมค้ำยัน	22
3.3 ลักษณะปลายเสาแบบ A	23
3.4 ลักษณะปลายเสาแบบ B	23
3.5 ลักษณะปลายเสาแบบ C	23
3.6 การติดตั้ง Dial Gauge ของเสาบน โครงทดสอบ	24
3.7 รูปขยายแสดงการ ติดตั้ง Dial Gauge	24
3.8 การติดตั้งเครื่องมือการทดสอบเสา	25
4.1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับระยะ โกงที่กลางเสา A150	29
4.2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับระยะ โกงที่กลางเสา B150	29
4.3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับระยะ โกงที่กลางเสา C150	30
4.4 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับระยะ โกงที่กลางเสา A187	30
4.5 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับระยะ โกงที่กลางเสา B187	31
4.6 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับระยะ โกงที่กลางเสา C187	31
4.7 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับระยะ โกงที่กลางเสา A225	32
4.8 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับระยะ โกงที่กลางเสา B225	32
4.9 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับระยะ โกงที่กลางเสา C225	33
4.10 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงโก่งเดาะของเสากับอัตราส่วน (L/D)	35
ก 1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับระยะการเคลื่อนที่ของที่รองรับเสา A150	78
ก 2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับระยะการเคลื่อนที่ของที่รองรับเสา B150	78

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
ก 3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับระยะการเคลื่อนที่ของที่รองรับเสา C150	79
ก 4 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับระยะการเคลื่อนที่ของที่รองรับเสา A187	79
ก 5 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับระยะการเคลื่อนที่ของที่รองรับเสา B187	80
ก 6 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับระยะการเคลื่อนที่ของที่รองรับเสาC187	80
ก 7 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับระยะการเคลื่อนที่ของที่รองรับเสาA225	81
ก 8 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับระยะการเคลื่อนที่ของที่รองรับเสาB225	81
ก 9 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับระยะการเคลื่อนที่ของที่รองรับเสาC225	82
ข-1 การโค้งเคาะของเสาแบบ A ยาว 150 cm	84
ข-2 การโค้งเคาะของเสาแบบ B ยาว 150 cm	84
ข-3 การโค้งเคาะของเสาแบบ C ยาว 150 cm	84
ข-4 การโค้งเคาะของเสาแบบ A ยาว 187 cm	85
ข-5 การโค้งเคาะของเสาแบบ B ยาว 187 cm	85
ข-6 การโค้งเคาะของเสาแบบ C ยาว 187 cm	85
ข-7 การโค้งเคาะของเสาแบบ A ยาว 225 cm	86
ข-8 การโค้งเคาะของเสาแบบ B ยาว 225 cm	86
ข-9 การโค้งเคาะของเสาแบบ C ยาว 225 cm	86
ข-10 การเกิดการโค้งเฉพาะที่ของเสาแบบ B ความยาว150 cm ที่แรงกระทำบนเหล็กเท่านั้น	87
ข-11ที่รองรับแบบยึดหมุนและ Recessed Plate	87
ข-12 ลักษณะที่รองรับแบบยึดหมุน(Pin Support)	88
ค-1 กราฟความสัมพันธ์ของ Southwell Plot A1501	90
ค-2 กราฟความสัมพันธ์ของ Southwell Plot A1502	90
ค-3 กราฟความสัมพันธ์ของ Southwell Plot A1503	90
ค-4 กราฟความสัมพันธ์ของ Southwell Plot B1501	91

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
ค-5 กราฟความสัมพันธ์ของ Southwell Plot B1502	91
ค-6 กราฟความสัมพันธ์ของ Southwell Plot B1503	91
ค-7 กราฟความสัมพันธ์ของ Southwell Plot C1501	92
ค-8 กราฟความสัมพันธ์ของ Southwell Plot C1502	92
ค-9 กราฟความสัมพันธ์ของ Southwell Plot C1503	92
ค-10 กราฟความสัมพันธ์ของ Southwell Plot A1871	93
ค-11 กราฟความสัมพันธ์ของ Southwell Plot A1872	93
ค-12 กราฟความสัมพันธ์ของ Southwell Plot A1873	93
ค-13 กราฟความสัมพันธ์ของ Southwell Plot B1871	94
ค-14 กราฟความสัมพันธ์ของ Southwell Plot B1872	94
ค-15 กราฟความสัมพันธ์ของ Southwell Plot B1873	94
ค-16 กราฟความสัมพันธ์ของ Southwell Plot C1871	95
ค-17 กราฟความสัมพันธ์ของ Southwell Plot C1872	95
ค-18 กราฟความสัมพันธ์ของ Southwell Plot C1873	95
ค-19 กราฟความสัมพันธ์ของ Southwell Plot A2251	96
ค-20 กราฟความสัมพันธ์ของ Southwell Plot A2252	96
ค-21 กราฟความสัมพันธ์ของ Southwell Plot A2253	96
ค-22 กราฟความสัมพันธ์ของ Southwell Plot B2251	97
ค-23 กราฟความสัมพันธ์ของ Southwell Plot B2252	97
ค-24 กราฟความสัมพันธ์ของ Southwell Plot B2253	97
ค-25 กราฟความสัมพันธ์ของ Southwell Plot C2251	98
ค-26 กราฟความสัมพันธ์ของ Southwell Plot C2252	98
ค-27 กราฟความสัมพันธ์ของ Southwell Plot C2253	98
จ-1 ความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงกับความเครียดของเหล็กตัวอย่าง TP-1	109
จ-2 ความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงกับความเครียดของเหล็กตัวอย่าง TP-2	109
จ-3 ความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงกับความเครียดของเหล็กตัวอย่าง TP-3	110

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
จ-4 ความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงกับความเครียดของเหล็กตัวอย่าง TP-4	110
จ-5 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับความดันของเครื่องอัดแรงจากการปรับเทียบ	111