

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(1)
Abstract	(2)
กิตติกรรมประกาศ.....	(3)
สารบัญ	(4)
สารบัญตาราง.....	(8)
สารบัญภาพประกอบ.....	(9)
บทที่	
1. บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	2
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย	2
1.5 แผนงานวิจัย	3
1.6 ระเบียบวิธีวิจัย	3
1.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	12
2.1 คุณสมบัติเชิงกลของวัสดุ.....	12
2.1.1 ความเค้น	12
2.1.2 ความเครียดและการเสียรูป.....	14
2.1.3 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นกับความเครียด	16

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.1.4 การทดสอบแรงดึงหัวข้อ้อย.....	17
2.2 สมการไฟไนต์เอลิเมนต์	23
2.3 ชีวกลศาสตร์ (Biomechanics)	31
2.3.1 การเคลื่อนที่ในทางชีวกลศาสตร์.....	31
2.3.2 การเคลื่อนไหวนในท่าเดิน (Gait Cycle)	36
2.3.3 ระนาบของร่างกาย (Anatomic Plane)	38
2.4 สรีระวิทยานบนบริเวณข้อเข่า	40
2.5 คุณสมบัติของวัสดุไฮเปอร์อีลาสติก	42
2.5.1 อัตราส่วนระยะยืด.....	44
2.5.2 ความเค้นและความเครียด.....	44
2.5.3 แบบจำลองฟังก์ชันพลังงานความเครียด (Strain Energy Function)	45
2.5.4 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Constitutive Model)	47
2.6 คุณสมบัติของวัสดุวิสโคอีลาสติก	54
2.6.1 วิสโคอีลาสติกแบบเชิงเส้น (Linear viscoelasticity).....	55
2.6.2 สภาพวิสโคอีลาสติกแบบไม่เชิงเส้น (Nonlinear Viscoelasticity)	58
2.6.3 อิทธิพลของตัวแปรอื่นกับสภาพวิสโคอีลาสติกแบบไม่เชิงเส้น	60
2.7 การเคลื่อนไหวนในโปรแกรมจำลองการเคลื่อนไหวน	61
2.7.1 จลนศาสตร์ของการเคลื่อนไหวน	61
2.7.2 ความเร็วส่งผ่านจากลิงค์สู่ลิงค์.....	62
2.7.3 สมการของนิวตัน และสมการของออยเลอร์.....	65
3. เครื่องทดสอบคุณสมบัติทางกลของกล้ามเนื้อ	67
3.1 หน้าที่ และหลักการทำงานของเครื่องทดสอบคุณสมบัติทางกล	67
3.1.1 คุณสมบัติของเครื่อง	69
3.1.2 ระบบการส่งกำลัง.....	69
3.1.3 หัวจับยึดชิ้นงานเย็น (Freeze grip)	71
3.1.4 ระบบควบคุมเครื่อง.....	73

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.1.5 คานรับแรง	75
3.2 ขั้นตอนการสร้างเครื่อง	77
3.3 การสอบเทียบเครื่องทดสอบ (Calibrate)	78
3.3.1 โหลดเซลล์	78
3.3.2 ทดสอบ Alignment.....	79
3.3.3 ทดสอบระยะเคลื่อนตัว.....	83
3.3.4 ทดสอบกับวัสดุที่ได้มาตรฐาน	83
4. ทดสอบคุณสมบัติทางกลของกล้ามเนื้อ	86
4.1 การเตรียมตัวอย่างขึ้นทดสอบ	86
4.1.1 ขั้นตอนการเตรียมขึ้นทดสอบเนื้อหมูและเอ็นหมู	87
4.1.2 ขั้นตอนการเตรียมขึ้นทดสอบของเอ็นมนุษย์.....	91
4.2 วิธีการทดสอบคุณสมบัติทางกลของกล้ามเนื้อ.....	93
4.3 ทดสอบคุณสมบัติทางกลของกล้ามเนื้อ และเอ็น.....	95
4.3.1 ทดสอบเอ็นวัว	95
4.3.2 ทดสอบเอ็นหมู	97
4.3.3 ทดสอบคุณสมบัติทางกลของเอ็นมนุษย์.....	98
4.4 สรุปและวิจารณ์ผลการทดสอบ	102
5. ขั้นตอนการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของกระดูกขา เอ็นหัวเข่า และการเคลื่อนไหวในท่าเดิน	104
5.1 สร้างการเคลื่อนไหวในท่าเดิน	104
5.2 สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของขาด้วยเทคนิคการวัดจากภาพถ่าย (Optical measurement)	107
5.3 สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของขา ด้วยเทคนิคของการประมวลผลภาพ (Image processing).....	111
5.4 สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของเอ็นบริเวณข้อเข่า	115

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
6. ผลการวิเคราะห์ความเค้น และความเครียดของเอ็นข้อเข้าขณะเดิน	118
6.1 เงื่อนไข และขอบเขตของการวิเคราะห์ความเค้น และความเครียด	118
6.2 แบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ของขา และเอ็นข้อเข้าแบบ 1 Bundle.....	122
6.3 แบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ของขา และเอ็นข้อเข้าแบบ 2 Bundles.....	123
6.4 ผลการวิเคราะห์ความเค้น และความเครียดของเอ็นบริเวณข้อเข้าแบบ 1 Bundle.....	124
6.5 ผลการวิเคราะห์ความเค้น และความเครียดของเอ็นบริเวณข้อเข้าแบบ 2 Bundles.....	126
6.6 สรุปผลการวิเคราะห์ความเค้นความ ความเครียดของเอ็นข้อเข้าแบบ 1 Bundle และแบบ 2 Bundle	128
7. บทสรุป ปัญหาที่พบและข้อเสนอแนะ	129
7.1 บทสรุป.....	129
7.2 ปัญหาที่พบในขณะทำวิทยานิพนธ์.....	132
7.2.1 เครื่องทดสอบต้องคำนึงถึงความแม่นยำสูง และได้ Alignment	132
7.2.2 ชิ้นทดสอบของเอ็นมีจำนวนจำกัด	132
7.2.3 สร้างโมเดลกระดูกขา	132
7.2.4 ความสมารถของโปรแกรมจำลองการเคลื่อนไหว	133
7.3 ข้อเสนอแนะ.....	133
บรรณานุกรม	148
ภาคผนวก.....	135
ก ส่วนประกอบในการสร้างเครื่องทดสอบคุณสมบัติทางกลของกล้ามเนื้อ	136
ประวัติการศึกษา.....	150