

บทที่ 6

การทดสอบและแก้ไขแบบจำลอง

การทดสอบแบบจำลองนั้นจำแนกเป็นส่วนใหญ่ๆ ได้ 3 ส่วน ส่วนแรกคือการทดสอบความถูกต้องของโปรแกรมว่าทำงานถูกต้องได้ตามขั้นตอนที่ต้องการได้เพียงไร ซึ่งในส่วนดังกล่าวใช้วิธีการตรวจสอบและแก้ไขในช่วงของการสร้างและพัฒนาแบบจำลองจนได้แบบจำลองตามความต้องการดังกล่าวแล้วในบทที่ 5 ส่วนที่สองคือการทดสอบความถูกต้องของค่าที่ได้จากการใช้งานแบบจำลอง ซึ่งจะทำการทดสอบและแก้ไขแบบจำลองให้ใกล้เคียงกับความจริง โดยทดสอบสองส่วนคือ ทดสอบขนาดสัดส่วนร่างกายของแบบจำลอง และทดสอบผลการคำนวณทางชีวกลศาสตร์

จากนั้นนำแบบจำลองที่ได้ไปทดสอบการใช้งานจริง โดยประเมินภาระงานจากภาพวิดีโอ ตามเกณฑ์ที่ใส่ไว้ในแบบจำลองทั้งสามแนวทางคือการประเมินภาระงานตามเกณฑ์แรงกดอัดที่กระดูกสันหลัง L5/S1 การประเมินภาระงานตามเกณฑ์ของ OWAS และการประเมินภาระงานตามเกณฑ์ของ RULA

การทดสอบสัดส่วนร่างกายของแบบจำลองที่ได้

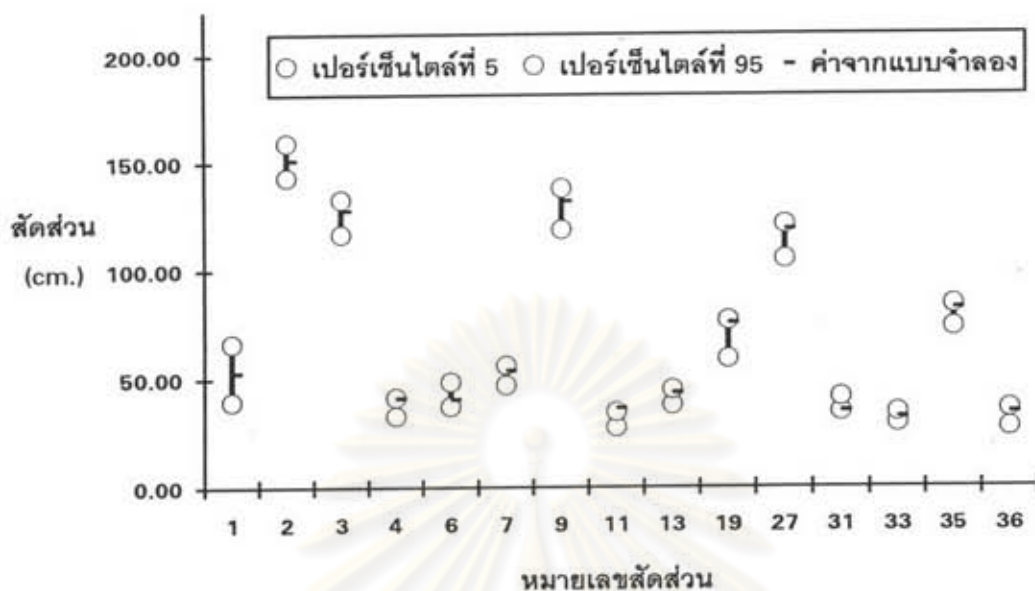
การทดสอบสัดส่วนร่างกายของแบบจำลองกระทำโดยป้อนข้อมูลสัดส่วน ร่างกายตามข้อมูลที่ใช้อ้างอิงซึ่งปรับแก้แล้วในบทที่ 4 และจัดทำทางเลียนแบบตามวิธีการวัด สัดส่วนนั้น จากนั้นวัดค่าสัดส่วนร่างกายที่สัมพันธ์กับความยาวของชิ้นส่วนจากชิ้นส่วนภายนอกของแบบจำลองนำมาเปรียบเทียบกับค่าข้อมูลจากกลุ่มประชากรที่ใช้อ้างอิงในนั้น เพื่อใช้ในการปรับตำแหน่งของชิ้นส่วนภายนอกให้สัมพันธ์กับระยางภายใน คือปรับให้จุดหมุนและขนาดของชิ้นส่วนทั้งสองสอดคล้องกัน เมื่อหมุนแล้วให้ได้ภาพใกล้เคียงกับภาพของจริง ซึ่งขนาดต่างๆ หลังจากปรับแก้แล้ววัดครั้งสุดท้าย ได้ค่าดังแสดงไว้ในตารางที่ 6.1 รูปที่ 6.1 และรูปที่ 6.2

ตารางที่ 6.1 สัดส่วนร่างกายที่วัดจากแบบจำลองเปรียบเทียบกับกลุ่มประชากรที่ใช้อ้างอิง(ชม.)

สัดส่วนร่างกาย (หมายเลขอ้างอิงตามตาราง 2.5)	ค่าเฉลี่ยของกลุ่มประชากรอ้างอิง		ค่าที่วัดจากแบบจำลอง	
	ชาย	หญิง	ชาย	หญิง
1.น้ำหนัก(กก.)	53.70	53.06	50.70	53.06
2.ความสูง	160.70	151.20	161.37	151.20
3.ความสูงของปุ่มไหล่	132.42	124.68	134.37	127.71
4.ระยะระหว่างโคนแขนของแขนส่วนบนทั้งสองข้าง	40.87	37.14	42.55	41.17
6.ระยะระหว่างกันถึงข้อพับด้านในของหัวเข่า	43.48	42.86	36.92	40.54
7.ระยะหัวเข่าถึงกัน	52.72	51.58	50.23	53.87
9.ความสูงคอ	136.51	128.21	137.40	131.95
11.ระยะศอกถึงกลางฝ่ามือขณะกำมือ	33.18	31.19	48.43	43.58
19.ระยะเหยียดแขนขณะลำตัวตั้งตรง	71.68	67.93	84.12	75.66
27.ความสูงขณะคุกเข่า	119.82	113.00	122.88	116.63
31.ความสูงใต้ราอ่อนทำนั่ง	40.10	37.99	39.34	35.11
33.ระยะข้อศอกถึงปุ่มหัวไหล่	34.34	31.89	34.50	32.08
35.ความสูงนั่ง	83.34	78.77	87.26	82.31
36.ความกว้างโคนขาขณะนั่ง	29.85	31.59	33.29	33.89



รูปที่ 6.1 ความสัมพันธ์ของสัดส่วนร่างกายที่วัดจากแบบจำลองเพศชายกับกลุ่มประชากรที่ใช้อ้างอิง



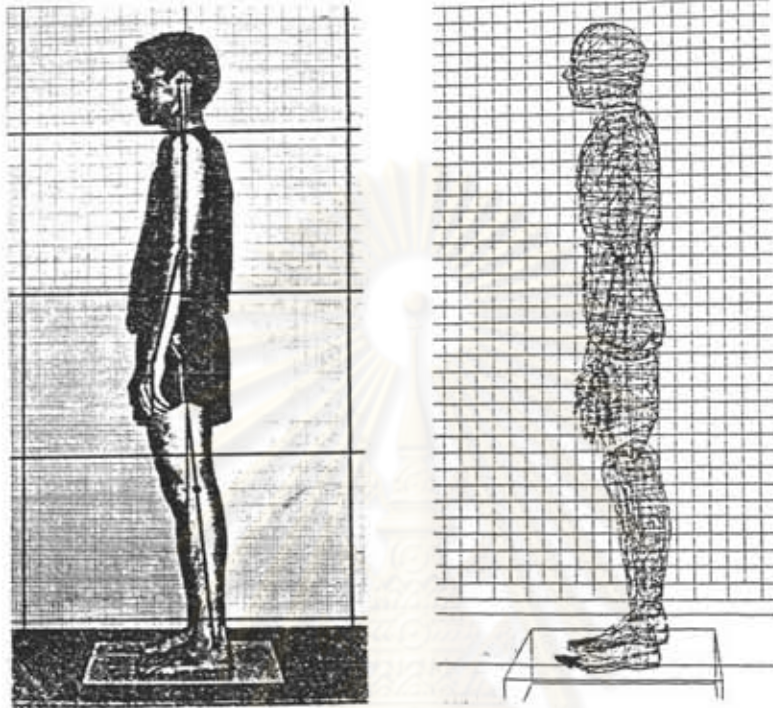
รูปที่ 6.2 ความสัมพันธ์ของสัดส่วนร่างกายที่วัดจากแบบจำลองเพศหญิงกับกลุ่มประชากรที่ใช้อ้างอิง

จากการสัดส่วนร่างกายของแบบจำลองที่สร้างขึ้นพบว่าแขนและลำตัวมีความยาวมากกว่าค่าจริง ความยาวของขาส่วนบนและส่วนล่างมีค่าน้อยกว่าค่าจริง อย่างไรก็ตามพบว่ามีอยู่ระหว่างเปอร์เซ็นต์ที่ 5 ถึง 95 ของข้อมูลชาวไทยที่ใช้อ้างอิง

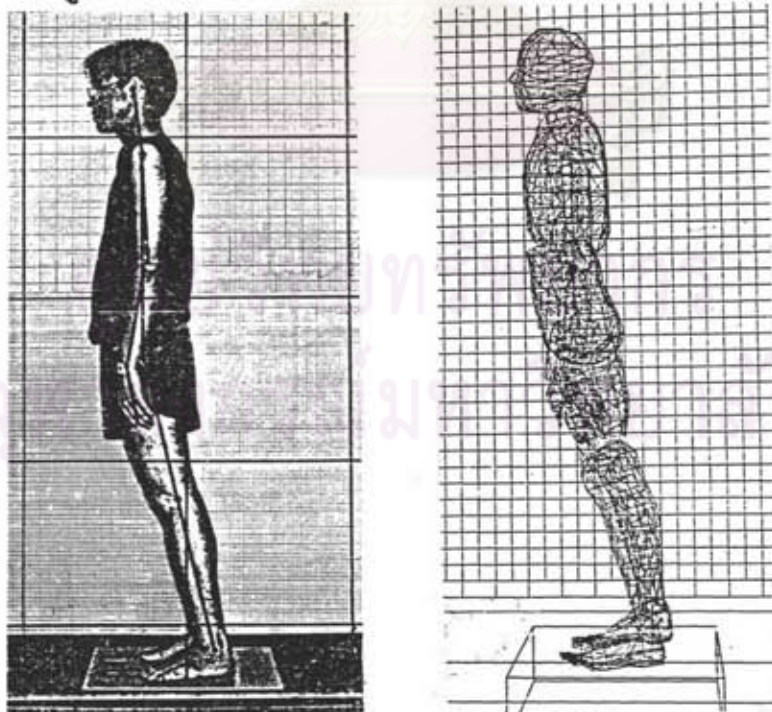
การทดสอบค่าที่ได้จากการคำนวณด้วยแบบจำลองทางชีวกลศาสตร์

การทดสอบผลการคำนวณจากแบบจำลองทางชีวกลศาสตร์กระทำที่โรงประลองเทคโนโลยีขนถ่ายวัสดุ ภาควิชาเทคโนโลยีขนถ่ายวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ซึ่งทำโดยการให้ผู้ถูกทดสอบ ทำท่ายืน ในแนว sagittal plane บน Force Platform ในห้องปฏิบัติการ แล้วถ่ายภาพบันทึกตำแหน่งของพิกัดต่างๆ ไว้ จากนั้นป้อนข้อมูลของผู้ถูกทดสอบลงในแบบจำลองและจัดทำทางของแบบจำลองให้เหมือนกับภาพถ่ายนั้น แล้วคำนวณค่าแรงและโมเมนต์ที่ข้อเท้าออกมาเพื่อเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จาก Force Platform จากนั้นทำการประเมินความแตกต่างเพื่อปรับแต่งและแก้ไขต่อไป การจัดเพื่อทดสอบค่าโมเมนต์ที่เท้าทำยืนมีทั้งหมด 3 แบบ ดังรูปที่ 6.3 รูปที่ 6.4 และรูปที่ 6.5 คือ

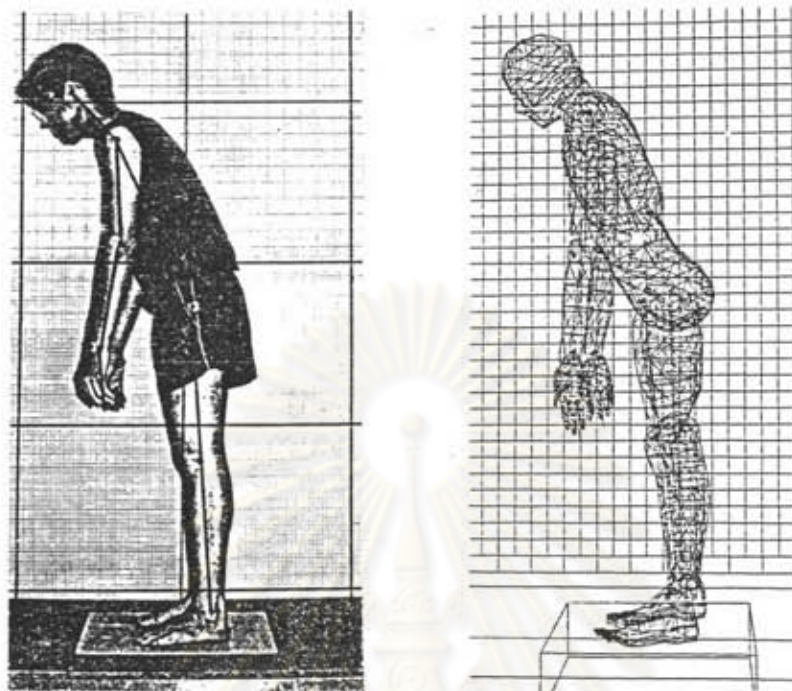
1. ยืนตรงตามธรรมชาติ
2. ยืนเอียงไปด้านหน้า โดยพยายามให้เกิดโมเมนต์ที่ข้อเท้ามากๆ
3. ยืนก้มหลัง โดยพยายามให้เกิดโมเมนต์ที่ข้อเท้ามากๆ เช่นกัน



รูปที่ 6.3 ทำยืนบน Force Platform ทำที่ 1 (ยืนตรง)



รูปที่ 6.4 ทำยืนบน Force Platform ทำที่ 2 (ยืนเอน)



รูปที่ 6.5 ทำยีนบน Force Platform ท่าที่ 3(ยีนก้มหลัง)

การทดสอบจะกระทำ 2 ครั้งในครั้งแรกใช้ผู้ถูกทดสอบ 6 คน เป็นหญิง 3 คน เป็นชาย 3 คน ยีนในท่าที่ 1 จำนวน 1 ครั้ง ท่าที่ 2 จำนวน 5 ครั้ง ท่าที่ 3 จำนวน 5 ครั้ง นำค่าที่ได้มาวิเคราะห์และแก้ไขความผิดพลาดของแบบจำลอง จากนั้นจะทดสอบแบบจำลองในครั้งที่ 2 เพื่อตรวจสอบค่าที่ได้อีกครั้งหนึ่ง โดยใช้ผู้ถูกทดสอบอีก 3 คน เป็นผู้ถูกทดสอบในกลุ่มแรกเป็นชาย 1 คน หญิง 1 คน และเป็นผู้ถูกทดสอบใหม่ ชาย 1 คน ทำท่าทดสอบเหมือนกับการทดสอบในครั้งแรก 3 แบบ

ดังนั้นการทดสอบนี้จะมีผู้ถูกทดสอบรวมทั้งสิ้น 7 คน เป็นผู้ทดสอบในครั้งแรก 6 คน เป็นผู้ถูกทดสอบชายหมายเลข 1 ถึง 3 และผู้ถูกทดสอบหญิงหมายเลข 1 ถึง 3 ส่วนผู้ถูกทดสอบชายคนใหม่ ให้เป็นผู้ถูกทดสอบหมายเลข 4

การทดสอบในขั้นนี้แบ่งได้เป็น 2 ขั้นตอน คือ

1. การเตรียมค่าความยาวชิ้นส่วนร่างกายของผู้ถูกทดสอบ

ก่อนจะทำการทดสอบจำเป็นต้องวัดสัดส่วนร่างกายของผู้ถูกทดสอบ เพื่อนำมาหาค่าความยาวของชิ้นส่วนโดยใช้ตารางที่ 4.5 จากนั้นจะนำค่าความยาวชิ้นส่วนของแต่ละคน และข้อมูลอื่น คือ ความสูง น้ำหนักของร่างกาย น้ำหนักของชิ้นส่วนในตารางที่ 4.1 และตำแหน่งของจุดศูนย์กลางมวลของชิ้นส่วนในตารางที่ 4.4 แทนลงในแบบจำลองเพื่อใช้งานต่อไป สัดส่วนร่างกายของผู้ถูกทดสอบแสดงไว้ในภาคผนวก ง.

จากข้อมูลสัดส่วนร่างกายของผู้ทดสอบสามารถนำมาคำนวณหาค่าความยาวของสัดส่วนร่างกายเทียบกับความสูงของผู้ถูกทดสอบแต่ละคน โดยการวัดเทียบกับสัดส่วนร่างกายทางด้านขวา ดังแสดงในตารางที่ 6.2

ตารางที่ 6.2 ความยาวของของชิ้นส่วนร่างกายของผู้ถูกทดสอบจากระยะที่วัดได้โดยเทียบเป็นสัดส่วนตามตารางที่ 4.5

ส่วนของ ร่างกาย	ความยาวของร่างกายส่วนต่างๆ เทียบกับความสูง							
	เพศชายคนที่				เพศหญิงคนที่			
	1	2	3	4	1	2	3	
มือขวา	11.80	11.91	11.64	11.44	11.47	11.33	11.32	
มือซ้าย	11.80	11.91	11.64	11.44	11.47	11.33	11.32	
แขนขวาส่วนล่าง	15.45	15.68	16.01	15.34	14.95	15.54	14.71	
แขนซ้ายส่วนล่าง	15.45	15.68	16.01	15.34	14.95	15.54	14.71	
แขนขวาส่วนบน	18.84	19.18	19.53	19.78	16.14	16.21	18.30	
แขนซ้ายส่วนบน	18.82	19.16	19.51	19.76	16.14	16.21	18.30	
ลำตัวส่วนบน	26.90	30.11	29.41	26.33	31.31	31.54	28.37	
ลำตัวส่วนล่าง	5.54	6.20	6.05	5.42	6.32	6.36	5.72	
ขาขวาส่วนบน	19.70	20.73	20.05	21.05	25.53	23.59	23.38	
ขาซ้ายส่วนบน	19.70	20.73	20.05	23.09	23.53	23.59	23.38	

ตารางที่ 6.2 ความยาวของของชิ้นส่วนร่างกายของผู้ถูกทดสอบจากระยะที่วัดได้โดยเทียบเป็นสัดส่วนตามตารางที่ 4.5 (ต่อ)

ส่วนของร่างกาย	ความยาวของร่างกายส่วนต่างๆ เทียบกับความสูง							
	เพศชายคนที่				เพศหญิงคนที่			
	1	2	3	4	1	2	3	
ขาขวาส่วนล่าง	22.70	22.06	22.95	23.09	24.21	23.88	21.88	
ขาซ้ายส่วนล่าง	22.70	22.06	22.95	23.09	24.21	23.88	21.88	
เท้าขวา (วัดจากสันเท้าถึงปลายนิ้ว)	13.8	13.8	13.51	13.20	14.53	14.84	14.49	
เท้าขวา (วัดจากข้อเท้าถึงฝ่าเท้า)	5.66	5.51	5.73	5.77	4.32	4.26	3.90	
เท้าซ้าย (วัดจากสันเท้าถึงปลายนิ้ว)	13.8	13.8	13.51	13.20	14.53	14.84	14.49	
เท้าซ้าย (วัดจากข้อเท้าถึงฝ่าเท้า)	5.66	5.51	5.73	5.77	4.32	4.26	3.90	
ศรีษะและคอ	1.47	15.00	14.52	14.04	13.47	13.42	15.03	
ระยะระหว่างไหล่ทั้งสองข้าง	22.56	21.49	20.10	22.23	21.27	23.65	19.81	
ระยะระหว่างต้นขาทั้งสองข้าง	9.72	10.31	9.86	10.17	10.40	10.46	9.48	
ระยะจากปลายของลำตัวถึงไหล่	4.46	4.99	4.88	4.37	3.95	3.98	3.58	
ระยะแนวราบจากสันเท้าถึงข้อเท้า	3.29	3.29	3.23	3.17	3.17	3.23	3.16	

2. การทดสอบและแก้ไขค่าของแบบจำลอง

จากการทดสอบในครั้งแรก ให้ผู้ถูกทดสอบยืนทำท่าที่ 1 2 และ 3 บน Force Platform และจัดแบบจำลองให้มีท่าทางเช่นเดียวกัน ได้ค่าแรงและโมเมนต์ที่เท้าในแนวแกน x y และ z ดังแสดงในภาคผนวก ค. แต่เนื่องจากการจัดทำท่าทางในแนว Sagittal Plane และไม่มีแรงภายนอกมากระทำ ทำให้เหลือค่าที่ควรพิจารณาอยู่เพียง 2 ค่า คือ แรงในแนวแกน z และโมเมนต์ในแนวแกน x ดังตารางที่ 6.3 ตารางที่ 6.4 และรูปที่ 6.6 ถึง 6.17 ซึ่งค่าดังกล่าวเป็นค่าที่ได้จากการเฉลี่ยของผลการทดลองที่ได้จาก Force Platform

ตารางที่ 6.3 โมเมนต์ที่วัดได้จากเท้าบน Force Platform และค่าที่คำนวณได้จากแบบจำลอง (N-m)

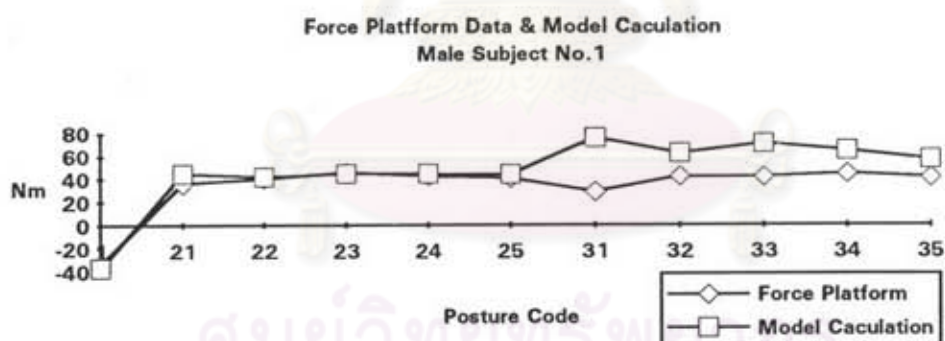
ท่าที่	ครั้งที่	ค่าโมเมนต์จากเท้าบน Force Platform						ค่าจากแบบจำลอง					
		เพศชายคนที่			เพศหญิงคนที่			เพศชายคนที่			เพศหญิงคนที่		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	1	-33.6	-7.0	-11.3	-21.5	-34.4	-23.3	-37.23	4.55	-13.53	-25.86	-37.57	-23.96
2	1	36.1	33.9	33.2	11.5	25.9	37.6	44.68	30.30	37.82	15.49	13.02	34.37
	2	40.2	37.8	32.3	18.8	27.8	31.0	42.14	28.84	37.82	21.94	26.8	29.35
	3	46.1	35.5	33.1	20.2	30.2	34.5	40.67	32.55	37.94	22.04	28.84	30.30
	4	42.5	40.1	28.9	23.4	28.7	34.8	44.67	32.44	37.94	21.90	20.97	36.01
	5	40.6	42.9	31.5	21.2	14.6	34.2	44.19	42.25	32.04	22.39	29.10	35.29
3	1	29.1	35.0	9.9	6.6	23.2	28.8	76.12	39.45	24.82	36.40	52.65	33.63
	2	42.4	31.9	26.5	22.0	20.6	29.7	62.33	44.96	54.81	49.05	51.87	28.86
	3	41.9	35.0	10.2	20.4	15.5	27.6	70.79	42.22	31.27	38.44	46.09	33.90
	4	44.8	32.5	18.2	23.7	7.8	31.7	64.93	48.07	36.37	43.63	38.74	34.50
	5	41.6	31.2	18.7	19.2	7.8	29.8	57.15	36.47	36.37	48.81	36.42	35.45

ตารางที่ 6.4 แรงที่วัดได้จากเท้าบน Force Platform และค่าที่คำนวณได้จากแบบจำลอง (N)

ท่าที่	ครั้งที่	ค่าแรงที่วัดได้บน Force Platform						ค่าแรงจากแบบจำลอง					
		เพศชายคนที่			เพศหญิงคนที่			เพศชายคนที่			เพศหญิงคนที่		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	1	571.9	559.1	505.8	546.1	569.3	472.5	571.8	559.0	505.7	546.7	569.3	472.5
2	1	572.0	559.5	506.1	546.6	568.5	473.1	571.8	559.0	505.7	546.7	569.3	472.5
	2	570.9	559.4	506.6	546.7	569.5	473.1	571.8	559.0	505.7	546.7	569.3	472.5
	3	571.3	559.6	506.3	545.6	568.0	473.6	571.8	559.0	505.7	546.7	569.3	472.5

ตารางที่ 6.4 แรงที่วัดได้จากเท้าบน Force Platform และค่าที่คำนวณได้จากแบบจำลอง (N) (ต่อ)

ท่าที่	ครั้งที่	ค่าแรงที่วัดได้บน Force Platform						ค่าแรงจากแบบจำลอง					
		เพศชายคนที่			เพศหญิงคนที่			เพศชายคนที่			เพศหญิงคนที่		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
2	4	571.2	559.5	506.4	544.5	568.0	472.4	571.8	559.0	505.7	546.7	569.3	472.5
	5	571.3	559.7	506.2	546.2	568.5	473.9	571.8	559.0	505.7	546.7	569.3	472.5
3	1	571.7	559.4	506.0	543.5	569.2	472.7	571.8	559.0	505.7	546.7	569.3	472.5
	2	572.0	559.7	505.7	542.8	568.8	473.7	571.8	559.0	505.7	546.7	569.3	472.5
	3	576.9	559.7	505.5	543.3	568.6	472.8	571.8	559.0	505.7	546.7	569.3	472.5
	4	572.0	559.9	505.1	543.2	568.9	472.7	571.8	559.0	505.7	546.7	569.3	472.5
	5	570.8	560.0	505.3	543.0	568.9	472.9	571.8	559.0	505.7	546.7	569.3	472.5



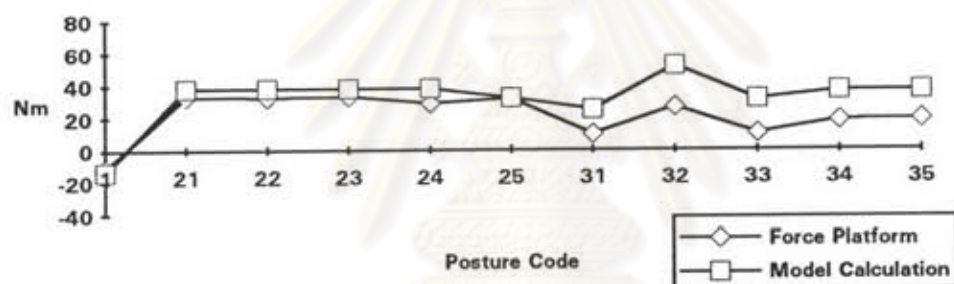
รูปที่ 6.6 โมเมนต์ที่เท้าที่ได้จาก Force Platform เปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากแบบจำลองของผู้ทดสอบเพศชายคนที่ 1

Force Platform Data & Model Calculation
Male Subject No.2



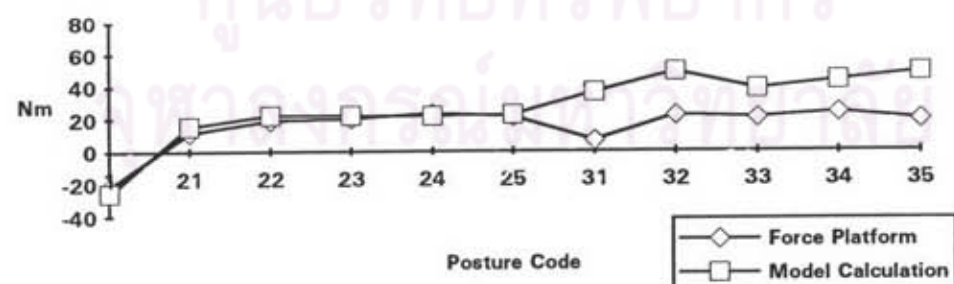
รูปที่ 6.7 ค่าโมเมนต์ที่เท้าที่ได้จาก Force Platform เปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากแบบจำลองของผู้ทดสอบเพศชายคนที่ 2

Force Platform Data & Model Calculation
Male Subject No.3

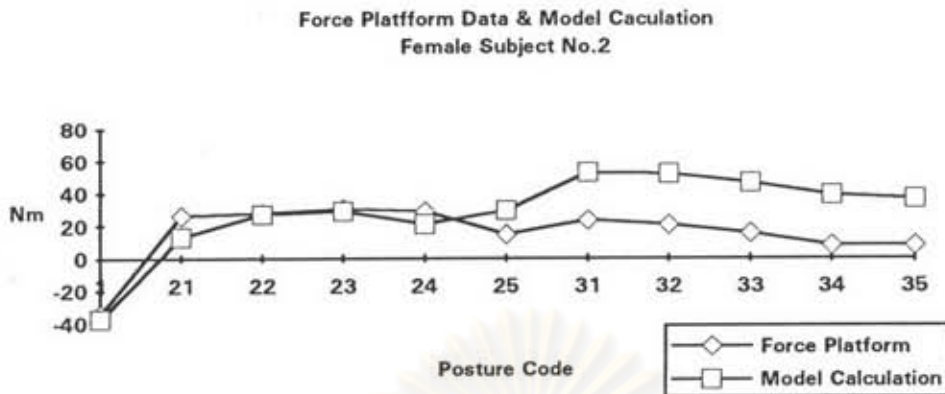


รูปที่ 6.8 ค่าโมเมนต์ที่เท้าที่ได้จาก Force Platform เปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากแบบจำลองของผู้ทดสอบเพศชายคนที่ 3

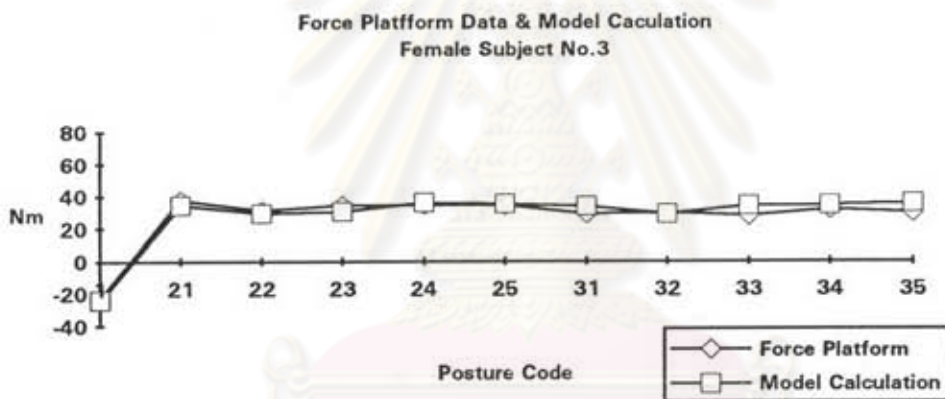
Force Platform Data & Model Calculation
Female Subject No.1



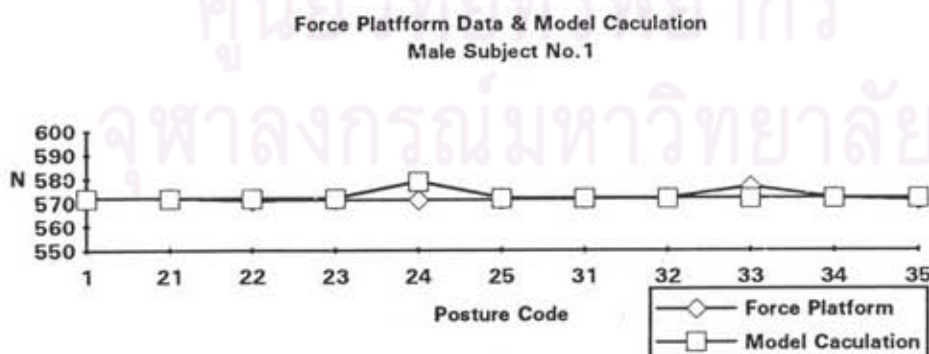
รูปที่ 6.9 ค่าโมเมนต์ที่เท้าที่ได้จาก Force Platform เปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากแบบจำลองของผู้ทดสอบเพศหญิงคนที่ 1



รูปที่ 6.10 ค่าโมเมนต์ที่เท้าที่ได้จาก Force Platform เปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากแบบจำลองของผู้ทดสอบเพศหญิงคนที่ 2

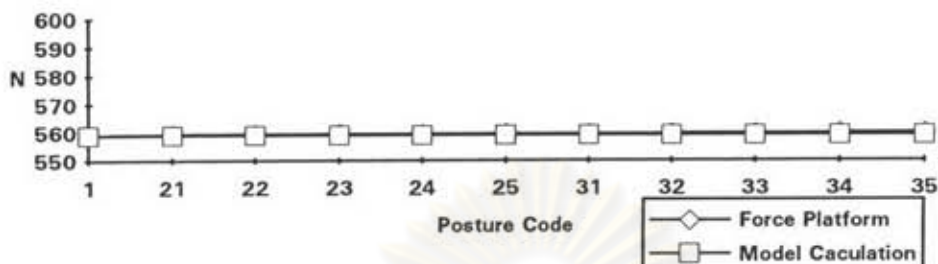


รูปที่ 6.11 โมเมนต์ที่เท้าที่ได้จาก Force Platform เปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากแบบจำลองของผู้ทดสอบเพศหญิงคนที่ 3



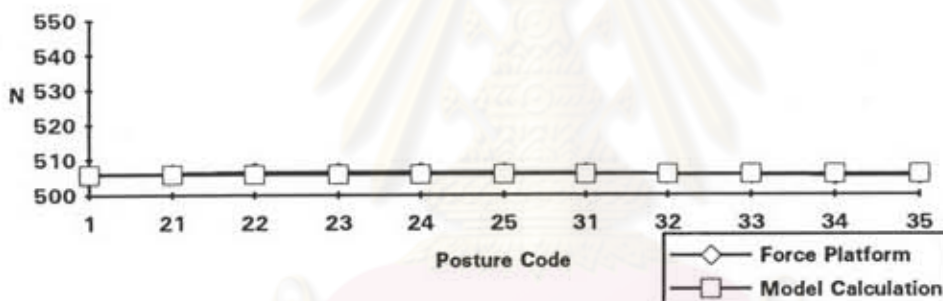
รูปที่ 6.12 แรงที่เท้าที่ได้จาก Force Platform เปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากแบบจำลองของผู้ทดสอบเพศชายคนที่ 1

Force Platform Data & Model Calculation
Male Subject No.2



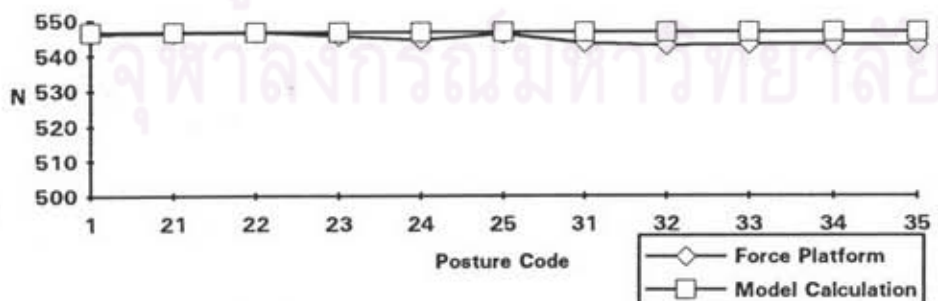
รูปที่ 6.13 ค่าแรงที่เท้าที่ได้จาก Force Platform เปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากแบบจำลองของผู้ทดสอบเพศชายคนที่ 2

Force Platform Data & Model Calculation
Male Subject No.3



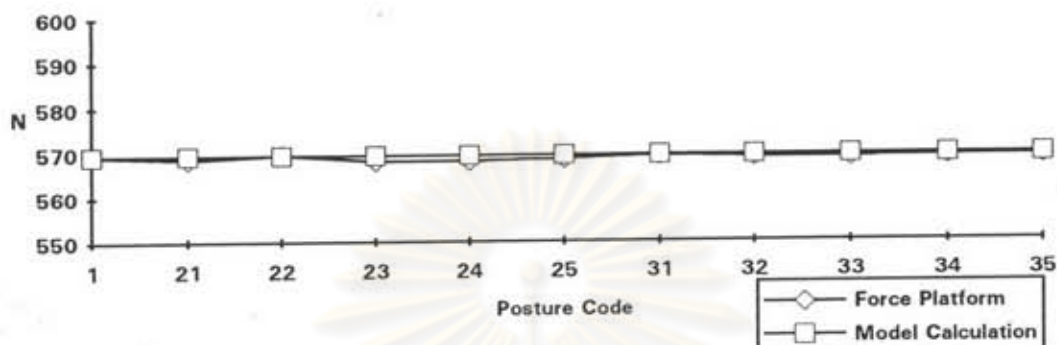
รูปที่ 6.14 ค่าแรงที่เท้าที่ได้จาก Force Platform เปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากแบบจำลองของผู้ทดสอบเพศชายคนที่ 3

Force Platform Data & Model Calculation
Female Subject No.1



รูปที่ 6.15 ค่าแรงที่เท้าที่ได้จาก Force Platform เปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากแบบจำลองของผู้ทดสอบเพศหญิงคนที่ 1

Force Platform Data & Model Calculation
Female Subject No.2



รูปที่ 6.16 ค่าแรงที่เท้าที่ได้จาก Force Platform เปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากแบบจำลอง
ของผู้ทดสอบเพศหญิงคนที่ 2

Force Platform Data & Model Calculation
Female Subject No.3



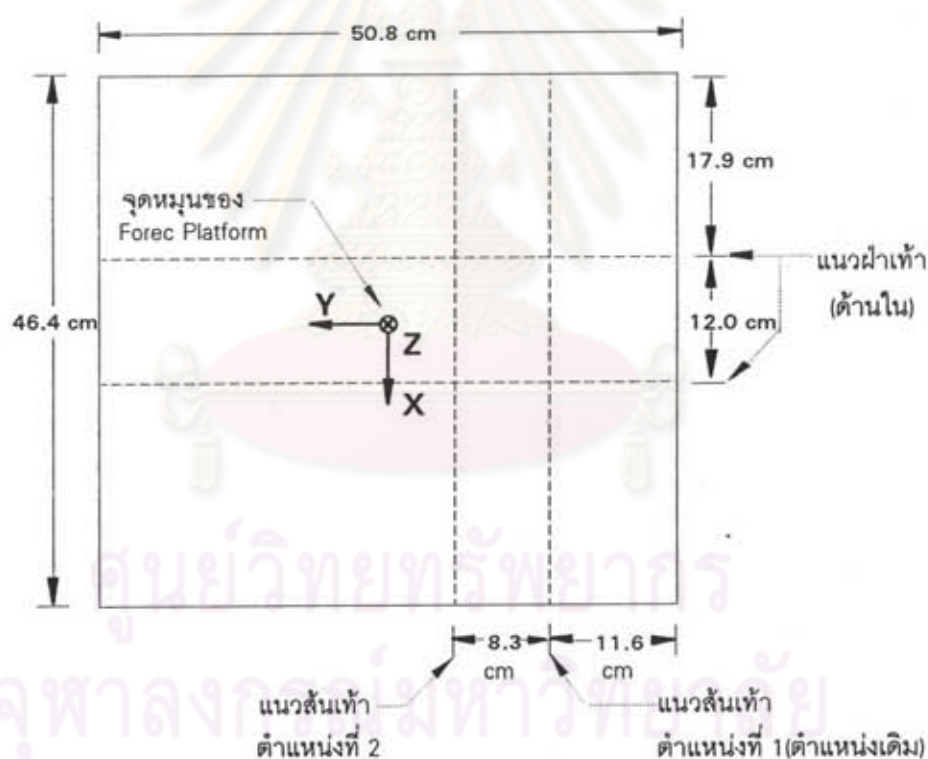
รูปที่ 6.17 ค่าแรงที่เท้าที่ได้จาก Force Platform เปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากแบบจำลอง
ของผู้ทดสอบเพศหญิงคนที่ 3

หลังจากได้ทำการทดสอบในครั้งแรกพบว่าค่าโมเมนต์ที่ได้จากแบบจำลองส่วน
ใหญ่มีค่ามากกว่าค่าที่ได้จาก Force Platform โดยเฉพาะในท่ายืนก้มตัว เมื่อพิจารณาจากภาพ
พบว่าแนวของลำตัวในภาพไม่ตรงเหมือนกับในแบบจำลองเพราะมีการงอตัวของผู้ทดสอบ
นอกจากนั้นยังมีการห่อไหล่ ซึ่งถ้าหากใช้แนวลำตัวกับไหล่เป็นแนวอ้างอิงจะทำให้ได้มุมของลำตัว
ในแบบจำลองมากกว่าภาพจริง ทำให้ค่าโมเมนต์ของลำตัวในแบบจำลองมีค่ามากขึ้นตามไปด้วย

เพราะมุมของลำตัวมีผลต่อโมเมนต์มาก ส่วนค่าแรงในแนวแกน z นั้นมีค่าใกล้เคียงกันมากเพราะเป็นแรงที่เกิดจากน้ำหนักตัวเท่านั้น ไม่ได้มีแรงภายนอกมากระทำ

จากกรณีดังกล่าว ในการทดสอบครั้งที่ 2 จึงได้พิจารณาแนวกลางของลำตัวที่มีการออกแบบการอ้างอิงจากแนวไหล่โดยใช้ผู้ทดสอบ 3 คนดังกล่าวข้างต้น

ในการทดสอบครั้งที่ 2 นี้ เพิ่มตำแหน่งการยืนเป็น 2 ตำแหน่ง เนื่องจากที่ตำแหน่งเดิมจุดหมุนของ Force Platform ตรงกับตำแหน่งที่กลางฝ่าเท้าทำให้ได้ค่าโมเมนต์ที่เกิดกับ Force Platform มีค่าต่ำ จึงลองเพิ่มตำแหน่งใหม่ซึ่งเป็นตำแหน่งที่ข้อเท้าตรงกับจุดหมุนของ Force Platform เพื่อให้ได้ค่าโมเมนต์ที่ใกล้เคียงกับข้อเท้า ซึ่งน่าจะเป็นค่าโมเมนต์จริงที่กระทำต่อเท้า ตำแหน่งของการวางเท้าแสดงในรูปที่ 6.18 และได้ผลดังตารางที่ 6.5 ตารางที่ 6.6 และรูปที่ 6.19 ถึง 6.24



รูปที่ 6.12 ตำแหน่งการยืนบน Force Platform ในการทดสอบ

ตารางที่ 6.5 โมเมนต์ที่วัดได้จากเก้าบน Force Platform และค่าที่คำนวณได้จากแบบจำลองหลังจากได้แก้ไขแบบจำลองแล้ว (N-m)

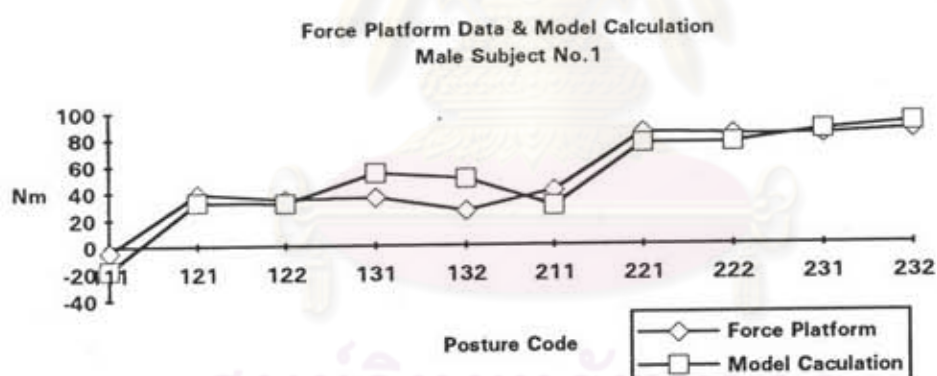
ตำแหน่ง ที่	ท่าที่	ครั้งที่	ค่าโมเมนต์จากเก้าบน Force Platform			ค่าจากแบบจำลอง		
			ผู้ทดสอบชุดเดิม ชาย	หญิง	ผู้ทดสอบชุดใหม่ ชาย(คนที่ 4)	ผู้ทดสอบชุดเดิม ชาย	หญิง	ผู้ทดสอบชุดใหม่ ชาย(คนที่ 4)
1	1	1	-4.4	-13.3	-8.7	-17.70	-19.88	-18.36
		2	38.3	25.3	34.1	32.40	32.70	25.60
	2	34.6	27.2	33.9	31.50	32.22	17.09	
	3	1	35.9	25.9	34.0	54.00	38.72	42.76
		2	25.8	22.5	25.8	49.66	36.83	29.07
2	1	1	40.9	27.6	37.1	29.08	26.45	31.25
		2	83.8	70.5	75.6	75.40	90.92	75.27
	2	82.4	63.9	78.2	76.11	78.55	72.66	
	3	1	81.7	65.9	70.4	85.3	88.48	78.62
		2	85.2	63.2	80.8	90.27	77.03	88.76

ตารางที่ 6.6 แรงที่วัดได้จากเก้าบน Force Platform และค่าที่คำนวณได้จากแบบจำลองหลังจากได้แก้ไขแบบจำลองแล้ว (N)

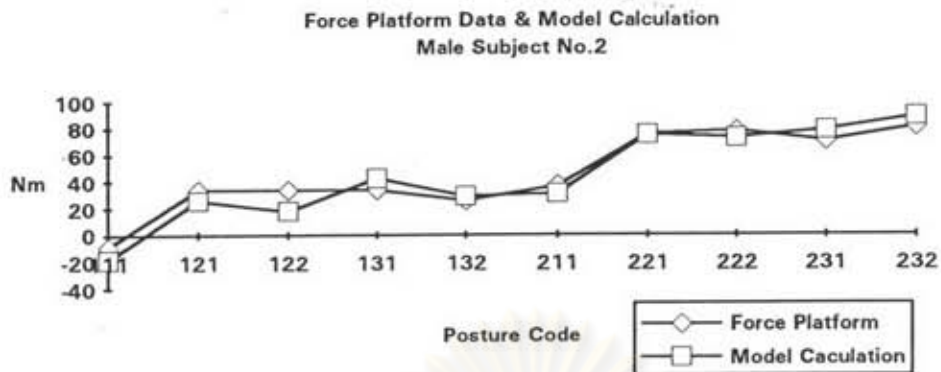
ตำแหน่ง ที่	ท่าที่	ครั้งที่	ค่าแรงจากเก้าบน Force Platform			ค่าจากแบบจำลอง		
			ผู้ทดสอบชุดเดิม ชาย	หญิง	ผู้ทดสอบชุดใหม่ ชาย(คนที่ 4)	ผู้ทดสอบชุดเดิม ชาย	หญิง	ผู้ทดสอบชุดใหม่ ชาย(คนที่ 4)
1	1	1	549.4	529.9	599.5	549.4	529.9	599.5
		2	549.0	530.2	599.8	549.4	529.9	599.5
	2	549.4	530.3	599.7	549.4	529.9	599.5	
	3	1	549.0	530.2	602.5	549.4	529.9	599.5
		2	549.1	530.6	598.5	549.4	529.9	599.5

ตารางที่ 6.6 แรงที่วัดได้จากเท้าบน Force Platform และค่าที่คำนวณได้จากแบบจำลองหลังจากได้แก้ไขแบบจำลองแล้ว (N) (ต่อ)

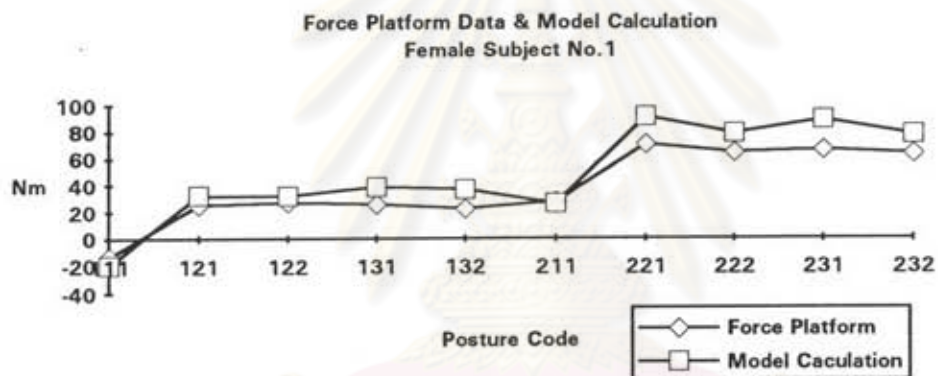
ตำแหน่ง ที่	ท่าที่	ครั้งที่	ค่าแรงจากเท้าบน Force Platform			ค่าจากแบบจำลอง			
			ผู้ทดสอบชุดเดิม ชาย	หญิง	ผู้ทดสอบชุดใหม่ ชาย(คนที่ 4)	ผู้ทดสอบชุดเดิม ชาย	หญิง	ผู้ทดสอบชุดใหม่ ชาย(คนที่ 4)	
2	1	1	549.6	530.6	598.9	549.4	529.9	599.5	
		2	549.6	530.7	599.8	549.4	529.9	599.5	
	3	1	550.1	530.6	599.8	549.4	529.9	599.5	
		2	1	549.6	530.7	559.8	549.4	529.9	599.5
			2	546.6	530.3	600.1	549.4	529.9	599.5



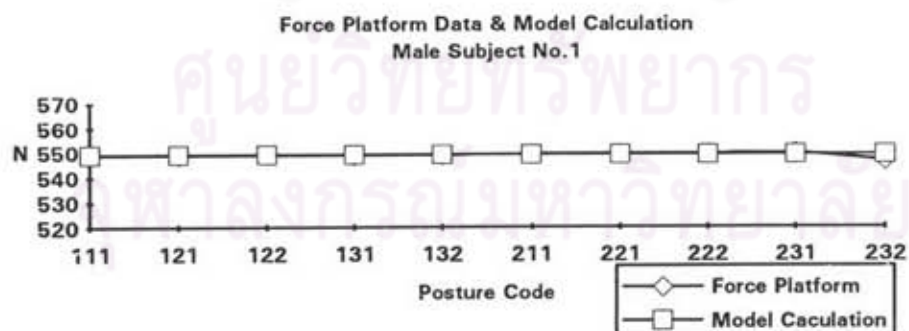
รูปที่ 6.19 โมเมนต์ที่เท้าที่ได้จาก Force Platform เปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากแบบจำลองของผู้ทดสอบเพศชายคนที่ 1 ทดสอบครั้งที่ 2



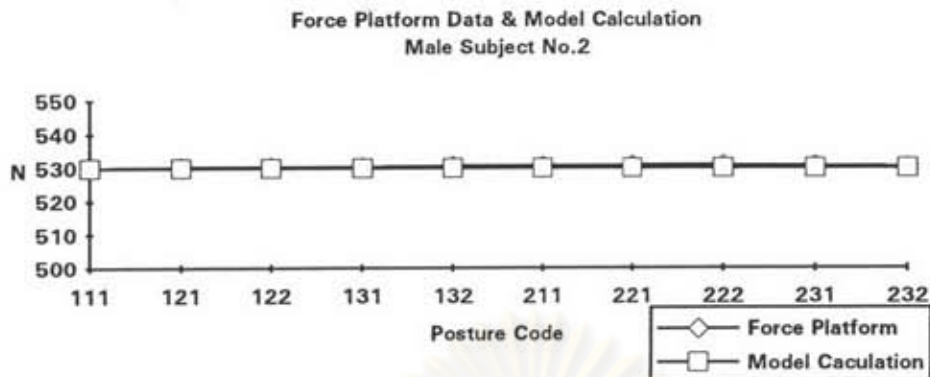
รูปที่ 6.20 โมเมนต์ที่เท้าที่ได้จาก Force Platform เปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากแบบจำลองของผู้ทดสอบเพศชายคนที่ 2 ทดสอบครั้งที่ 2



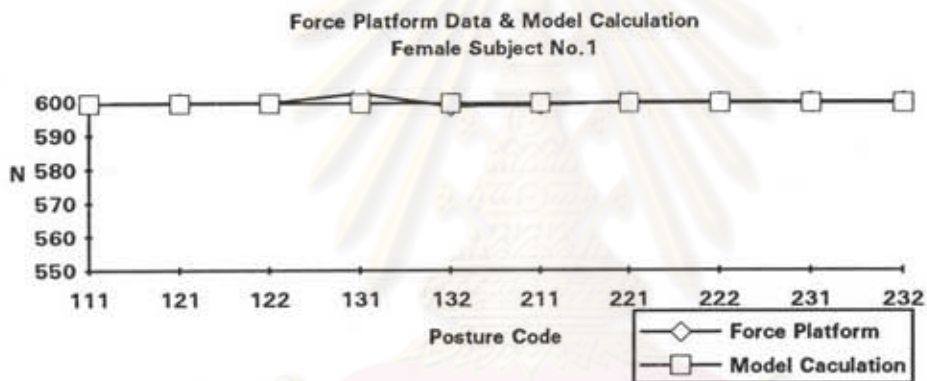
รูปที่ 6.21 โมเมนต์ที่เท้าที่ได้จาก Force Platform เปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากแบบจำลองของผู้ทดสอบเพศหญิงคนที่ 1 ทดสอบครั้งที่ 2



รูปที่ 6.22 แรงที่เท้าที่ได้จาก Force Platform เปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากแบบจำลองของผู้ทดสอบเพศชายคนที่ 1 ทดสอบครั้งที่ 2



รูปที่ 6.23 แรงที่เท้าที่ได้จาก Force Platform เปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากแบบจำลอง
ของผู้ทดสอบเพศชายคนที่ 2 ทดสอบครั้งที่ 2



รูปที่ 6.24 แรงที่เท้าที่ได้จาก Force Platform เปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากแบบจำลอง
ของผู้ทดสอบเพศหญิงคนที่ 1 ทดสอบครั้งที่ 2

หลังจากทำการทดสอบทั้ง 2 ครั้งแล้ว ได้ทำการวิเคราะห์ค่าความแตกต่างของค่าที่ได้จาก Force Platform และค่าที่ได้จากการคำนวณของแบบจำลอง โดยใช้วิธีการทางสถิติ paired - comparisons t - test ทดสอบความแตกต่าง โดยตั้งสมมติฐาน H_0 : ค่าทั้งสองไม่แตกต่างกัน ซึ่งได้ผลการทดสอบดังแสดงได้ในตารางที่ 6.7 และ ตารางที่ 6.8

จากการทดสอบทางสถิติพบว่าค่าของแรงในแนวแกน z ทั้งหมดไม่มีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ตารางที่ 6.7 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่าง paired - comparisons t-test
ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ของการทดสอบครั้งที่ 1

ชุดข้อมูล	ค่าความแตกต่างเฉลี่ย	ผลการทดสอบ H_0
โมเมนต์		
ข้อมูลทั้งหมด	-8.69	ปฏิเสธ
ทำยื่นตรง	0.42	ยอมรับ
ทำยื่นเอียงตัว	-0.17	ยอมรับ
ทำยื่นก้มตัว	-19.04	ปฏิเสธ
แรง		
ข้อมูลทั้งหมด	-0.17	ยอมรับ
ทำยื่นตรง	-0.05	ยอมรับ
ทำยื่นเอียงตัว	-0.03	ยอมรับ
ทำยื่นก้มตัว	-0.34	ยอมรับ

ตารางที่ 6.8 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่าง paired - comparisons t-test
ของการทดสอบครั้งที่ 2 ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ชุดข้อมูล	ค่าความแตกต่างเฉลี่ย	ผลการทดสอบ H_0
โมเมนต์		
ข้อมูลทั้งหมด	-2.89	ยอมรับ
ข้อมูลทั้งหมด ในตำแหน่งที่ 1	-1.98	ยอมรับ
ทำยื่นตรง ในตำแหน่งที่ 1	9.85	ยอมรับ
ทำยื่นเอียงตัว ในตำแหน่งที่ 1	-13.52	ยอมรับ
ทำยื่นก้มตัว ในตำแหน่งที่ 1	6.27	ปฏิเสธ

ตารางที่ 6.8 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่าง paired - comparisons t-test
ของการทดสอบครั้งที่ 2 ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (ต่อ)

ชุดข้อมูล		ค่าความแตกต่างเฉลี่ย	ผลการทดสอบ H_0	
โมเมนต์	ข้อมูลทั้งหมด	ในตำแหน่งที่ 2	-3.80	ยอมรับ
	ทำยื่นตรง	ในตำแหน่งที่ 2	6.27	ยอมรับ
	ทำยื่นเอียงตัว	ในตำแหน่งที่ 2	4.96	ยอมรับ
	ทำยื่นก้มตัว	ในตำแหน่งที่ 2	-2.42	ปฏิเสธ
แรง	ข้อมูลทั้งหมด		0.20	ยอมรับ
	ข้อมูลทั้งหมด	ในตำแหน่งที่ 1	0.21	ยอมรับ
	ทำยื่นตรง	ในตำแหน่งที่ 1	เป็นค่าเดียวกัน	-
	ทำยื่นเอียงตัว	ในตำแหน่งที่ 1	0.13	ยอมรับ
	ทำยื่นก้มตัว	ในตำแหน่งที่ 1	-0.38	ยอมรับ
	ข้อมูลทั้งหมด	ในตำแหน่งที่ 2	0.19	ยอมรับ
	ทำยื่นตรง	ในตำแหน่งที่ 2	0.10	ยอมรับ
	ทำยื่นเอียงตัว	ในตำแหน่งที่ 2	0.43	ปฏิเสธ
	ทำยื่นก้มตัว	ในตำแหน่งที่ 2	-0.02	ปฏิเสธ

จากการทดสอบทางสถิติดังกล่าวพบว่าในท่าทดสอบที่ 1 และ 2 ซึ่งเป็นทำยื่นตรงและเอนตัว ผลของการคำนวณโมเมนต์ของแบบจำลองมีค่าใกล้เคียงกับค่าโมเมนต์ วัดได้จาก Force Platform ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ในขณะที่ทำการทดสอบที่ 3 ซึ่งเป็นท่าก้มตัวนั้นค่าคำนวณจากแบบจำลองพบว่าแตกต่างจากค่าที่วัดได้จาก Force Platform อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากความแตกต่างของแบบจำลองซึ่งกำหนดให้ส่วนของลำตัวมีลักษณะเป็นวัตถุแข็งเกร็ง ในขณะที่ร่างกายของคนเรานั้นลำตัวจะมีความยืดหยุ่นโค้งงอได้อย่างมากขณะก้มตัว จึงเป็นผลทำให้ค่าของโมเมนต์ที่ได้จากแบบจำลอง

แตกต่างไปจากค่าที่วัดได้จริงมาก อย่างไรก็ตามผลการทดสอบโดยรวมแล้วพบว่าค่าที่ได้จากแบบจำลองไม่ต่างไปจากค่าที่วัดได้จริงจาก Force Platform อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จึงเป็นที่คาดหมายได้ว่าแบบจำลองมีความถูกต้องแม่นยำในการประเมินภาระงานได้ในระดับหนึ่ง แม้จะมีข้อจำกัดเมื่อทำการประเมินสภาพงานที่มีลักษณะการก้มตัวมากๆ ก็ตาม

การนำแบบจำลองไปประเมินภาระงานจากภาพวิดีโอ

ในขั้นตอนนี้จะนำแบบจำลองไปทดสอบการใช้ประเมินภาระงานในสภาพการทำงานจริงโดยใช้เกณฑ์ 3 แนวทางคือ ใช้การประเมินโดยใช้เกณฑ์ OWAS RULA และเกณฑ์ทางชีวกลศาสตร์ ซึ่งพิจารณาขีดจำกัดที่ L5/S1 เพื่อทดสอบแบบจำลองและประเมินความสะดวกในการใช้งาน ในขั้นตอนนี้เริ่มจากการเก็บตัวอย่างของพนักงานจำนวน 8 คน ในแผนกบรรจุของโรงงานไก่แช่แข็งแห่งหนึ่งจาก "แบบสำรวจสุขภาพพนักงาน" พบว่ามีอาการปวดหลัง 4 คน จากจำนวน 4 คนนี้ทำการสำรวจต่อไปโดย "แบบสัมภาษณ์พนักงาน" ได้ค่าดัชนี AI (ดัชนีความไม่ปกติ) เฉลี่ย 0.875 ซึ่งแสดงว่ามีปัญหาเล็กน้อย

ข้อมูลเบื้องต้นของพนักงานทั้ง 4 คน คือ

ทั้งหมดเป็นเพศหญิง

คนที่ 1 อายุ 21 ปี ความสูง 158 ซม. น้ำหนัก 53 กก.

คนที่ 2 อายุ 26 ปี ความสูง 155 ซม. น้ำหนัก 50 กก.

คนที่ 3 อายุ 21 ปี ความสูง 160 ซม. น้ำหนัก 60 กก.

คนที่ 4 อายุ 21 ปี ความสูง 145 ซม. น้ำหนัก 52 กก.

ลักษณะการทำงานในแผนกบรรจุภัณฑ์ เริ่มจากขึ้นส่วนไก่ที่ผ่านขั้นตอนในกระบวนการผลิตจะถูกบรรจุอยู่ในถุงพลาสติก มีขนาดประมาณ 5 กิโลกรัม และถูกส่งมายังแผนกบรรจุภัณฑ์โดยเลื่อนมากับขอกี๊ว พนักงานที่ทำหน้าที่บรรจุภัณฑ์จะยกห่อพลาสติกบรรจุขึ้นส่วนไก่ลงจากขอกี๊วซึ่งมีความสูงระดับหัวไหล่ลงมายังโต๊ะทำงานซึ่งมีความสูงระดับเอวเพื่อทำการแยกประเภทของห่อบรรจุและทำการปิดผนึกห่อพลาสติกเพื่อส่งจำหน่ายต่อไป

การประเมินสภาพงานเริ่มจากการบันทึกสภาพการทำงานในสถานที่จริงด้วยกล้องวิดีโอ ซึ่งภาพที่ได้จากกล้องวิดีโอจะถูกนำมาสร้างเป็นแบบจำลองในโปรแกรมเพื่อคำนวณค่า Compressive Force ที่เกิดจากการทำงาน รวมทั้งการพิจารณาท่าทางการทำงานด้วยเกณฑ์ของ RULA และ OWAS โดยใช้โปรแกรมที่ได้พัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้



รูปที่ 6.25 การทำงานของแผนกบรรจุในโรงงานไก่แช่แข็ง

ค่า Compressive Force ที่คำนวณได้ในโปรแกรมจะถูกนำมาพิจารณากับค่า Compressive Strength สูงสุดที่ยอมรับได้ซึ่งถือเป็นขีดจำกัดสูงสุดของสภาพงานที่ปลอดภัย

สำหรับค่า Compressive Force สูงสุดที่ยอมรับได้นั้นได้มีนักวิจัยหลายท่านได้ทำการทดลองไว้ก่อนแล้ว และได้สร้างสมการความสัมพันธ์ของค่า Compressive Strength สูงสุดไว้ในรูปของฟังก์ชันของ อายุ เพศ และน้ำหนักของบุคคลนั้นๆ และ Eie (1966) ได้กำหนดค่าที่ยอมรับได้ว่าควรมีค่าเท่ากับร้อยละ 60 ของ Compressive Strength สูงสุดนั้น

ในงานวิจัยนี้ได้อาศัยสมการประมาณค่า Compressive Strength สูงสุดของ Adams & Hutton (1982) และ Hanssan (1987) Brinkmann et al. (1988) และ Jager and Luttmann (1991) ทำการคำนวณหาค่า Compressive Strength ของสมการทั้ง 4 เพื่อทำการเลือกค่าที่ต่ำที่สุดมาใช้เป็นเกณฑ์ขีดจำกัดความปลอดภัยดังตัวอย่างการคำนวณต่อไปนี้

สมการของ Adams & Hutton

$$-7308-(69.8 \cdot \text{อายุ})-(140.7 \cdot \text{เพศ})+(280.2 \cdot \text{SC})+(42.4 \cdot \text{น้ำหนักร่างกาย})$$

แทนค่า SC ของ L5/S1 = 48

$$\text{เพศหญิง} = 2$$

อายุ = 21 ปี

น้ำหนัก = 53 กิโลกรัม

$$\text{ดังนั้น CS สูงสุด} = -7308 - (69.8 \cdot 21) - (140.7 \cdot 2) + (280.2 \cdot \text{SC}) + (42.4 \cdot 53)$$

$$= 6641.2 \text{ นิวตัน}$$

$$\text{CS ที่ยอมรับได้} = 0.6(6641.2)$$

$$= 3984.72 \text{ นิวตัน}$$

และจากการคำนวณดังเช่นสมการข้างต้นทำให้ได้ค่า Compressive Strength สูงสุดและ Compressive Strength ที่ยอมรับได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 6.9 ค่าแรงกดอัดที่กระดูกสันหลังส่วนล่างยอมรับได้

สมการของนักวิจัย	ค่า CS ของพนักงานคนที่				CS ที่ยอมรับได้ (60% * CS _{min})
	1	2	3	4	
Adams & Hutton (1982)	6641.2	6165.0	6938.0	6598.8	3699.0
Hansson et al. (1987)	6499.2	6020.2	6880.7	6439.5	3612.1
Brinkmann et al. (1988)	7373.9	7049.9	7373.9	7373.9	4229.9
Jager & Luttmann (1991)	5788.9	5493.4	5788.9	5788.9	3296.0

จากค่าที่ได้จะใช้ค่าที่ต่ำที่สุดเป็นการในการพิจารณา ซึ่งจะทำให้ปลอดภัยที่สุด จากนั้นได้นำภาพวิถีทัศนของการทำงานดังกล่าวมาใช้ในการประเมินลักษณะของภาระงานด้วยแบบจำลองที่สร้างขึ้น ซึ่งจะใช้ท่าทางของแขนทางด้านขวาเป็นหลัก เนื่องจากแขนทั้งสองข้างจะไปในแนวเดียวกันเสมอ

จากการศึกษาการทำงานโดยวิธีการ OWAS RULA และชีวกลศาสตร์ โดยหยุด วิถีทัศน ทุก 5 วินาที ได้ผลดังตารางที่ 6.10

ตารางที่ 6.10 ผลการประเมินภาระงานจากภาพวิดีโอ

คาบ ที่	L5/S1 compressive force	RULA					OWAS Level SCORE Level	มวลที่ ยกของ(กก.)		
		A	B	C	D	G ¹				
1	707.24	3	3	4	4	4	2	2111	1	0
2	917.89	3	3	6	6	7	4	2111	1	5
3	754.57	3	3	4	4	4	2	2111	1	0
4	506.10	1	3	2	4	4	2	2111	1	0
5	1023.53	3	3	4	4	4	2	2111	1	0
6	1093.00	4	3	5	4	5	3	2311	2	0
7	978.29	3	3	4	4	4	4	2111	1	0
8	988.81	3	3	4	4	4	2	2111	1	0
9	867.78	3	3	4	4	4	2	2111	1	0
10	1006.92	3	3	4	4	4	2	2111	1	0
11	700.53	3	3	4	4	4	2	2111	1	0
12	856.87	3	3	4	4	4	2	2111	1	0
13	846.08	1	3	4	6	6	3	2111	1	5
14	1113.91	5	3	6	4	6	3	2311	2	5
15	1200.40	3	3	4	4	4	2	2111	1	0
16	1294.94	3	3	4	4	4	2	2111	1	0
17	770.43	3	3	4	4	4	2	2111	1	0
18	694.95	2	3	3	4	4	2	2111	1	0
19	1016.81	3	3	4	4	4	2	2111	1	0
20	878.48	3	3	4	4	4	2	2111	1	0
21	817.70	3	3	4	4	4	2	2111	1	0
22	698.02	2	3	4	4	4	2	2111	1	0
23	736.95	3	4	4	4	4	2	2111	1	0
24	1141.71	4	3	7	6	7	4	2311	2	5
25	1166.41	4	3	7	6	7	4	2311	2	5
26	1464.96	4	3	7	6	7	4	2311	2	5
27	866.59	3	3	4	4	4	2	2111	1	0

ต7รางที่ 6.10 ผลการประเมินภาระงานจากภาพวิดีโอ (ต่อ)

คาบ ที่	L5/S1 compressive force	RULA					OWAS Level SCORE Level	มวลที่ ยกของ(กก.)		
		A	B	C	D	G ¹				
28	741.63	3	3	4	4	4	2	2111	1	0
29	1343.02	3	3	6	6	7	4	2111	1	5
30	866.74	4	3	5	4	5	3	2111	1	0
31	1225.82	5	3	8	6	7	4	2311	2	5
32	993.27	3	3	4	4	4	2	2111	1	0
33	1353.19	4	3	7	6	7	4	2311	2	5
34	1001.46	3	3	4	4	4	2	2111	1	0
35	786.07	3	3	4	4	4	2	2111	1	0
36	1174.88	3	3	4	4	4	2	2111	1	5
37	993.27	3	3	4	4	4	2	2111	1	0
38	1058.40	3	3	4	4	4	2	2111	1	0
39	1028.23	3	3	4	4	4	2	2111	1	0
40	679.09	2	3	4	4	4	2	2111	1	0
41	1028.23	3	3	4	4	4	2	2111	1	0
42	890.31	3	3	4	4	4	2	2111	1	0
43	1274.08	3	3	6	6	7	4	2111	1	5
44	881.37	3	3	4	4	4	2	2111	1	0
45	1250.93	3	3	6	6	7	4	2111	1	5
46	828.63	3	3	4	4	4	2	2111	1	0
47	717.90	3	4	4	4	4	2	2111	1	0
48	1052.31	3	3	6	6	7	4	2111	1	5
49	851.94	2	3	4	4	4	2	2111	1	0
50	658.28	2	3	4	4	4	2	2111	1	0
51	788.06	2	3	4	4	4	2	2111	1	0
52	866.59	2	3	4	4	4	2	2111	1	0

ตารางที่ 6.10 ผลการประเมินภาระงานจากภาพวิดีโอ (ต่อ)

คาบ ที่	L5/S1 compressive force	RULA					OWAS Level SCORE Level	มวลที่ ยกของ(กก.)		
		A	B	C	D	G ¹				
53	1163.53	3	3	4	4	4	2	2111	1	0
54	687.75	2	3	3	4	4	2	2111	1	0
55	1480.60	3	4	6	7	7	4	2111	1	5
56	750.99	3	3	4	4	4	2	2111	1	0
57	687.75	2	3	3	4	4	2	2111	1	0
58	923.65	3	3	4	4	4	2	2111	1	0
59	978.95	3	3	4	4	4	2	2111	1	0
60	993.27	4	3	5	4	5	3	2311	2	0
61	915.94	3	3	4	4	4	2	2111	1	0
62	881.37	5	3	4	4	4	2	2111	1	0
63	558.52	2	3	3	4	4	2	2111	1	0
64	897.88	2	3	3	4	4	2	2111	1	0
65	882.20	3	3	4	4	4	2	2111	1	0
66	980.85	2	3	5	6	7	4	2111	1	5
67	1351.81	3	3	6	6	7	4	2111	1	5
68	1212.90	2	3	5	6	7	4	2111	1	5
69	1516.73	4	3	7	6	7	4	2311	2	5
70	816.01	2	3	3	4	4	2	2111	1	0
71	944.64	3	3	4	4	4	2	2111	1	0

¹G หมายถึง Grand Score A B C D คือ Score A Score B score C และ Score D ตามลำดับ

จากการประเมินภาระงานจากภาพวิดีโอ สรุปได้ว่า

โดยวิธีการ OWAS

มีคาบที่มีคะแนน 2111(อยู่ในระดับ 1) ร้อยละ 88.73

มีคาบที่มีคะแนน 2311 (อยู่ในระดับ 2) ร้อยละ 11.27

โดยวิธีการ RULA

มีค่าที่มีคะแนนอยู่ในระดับ 2	คิดเป็นร้อยละ 78.87
มีค่าที่มีคะแนนอยู่ในระดับ 3	คิดเป็นร้อยละ 5.63
มีค่าที่มีคะแนนอยู่ในระดับ 4	คิดเป็นร้อยละ 15.49

โดยแบบจำลองชีวกลศาสตร์

แรงอัดที่ L5/S1 อยู่ระหว่าง 506.10 ถึง 1516.73 นิวตัน

เมื่อพิจารณาจากเกณฑ์ทั้งสามพบว่างานที่นำมาใช้ประเมินการงานนั้น เป็นงานที่ควรสนใจและควรแก้ไข โดยการประเมินการงานแบบ OWAS ส่วนใหญ่จะอยู่ในระดับ 1 หมายถึงเป็นงานที่ปลอดภัย การประเมินการงานแบบ RULA อยู่ในระดับ 2 เป็นส่วนใหญ่หมายถึงควรสนใจ มีบางค่าที่อยู่ในระดับ 3 และ 4 หมายถึงควรแก้ไขโดยเร็วและในทันทีตามลำดับ ส่วนการประเมินการงานโดยพิจารณาแรงกดอัดที่กระดูกสันหลังนั้นพบว่ามีค่าแรงกดอัดสูงสุดมีค่าน้อยกว่าค่าที่ยอมรับได้อยู่มาก ซึ่งถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ปลอดภัย

จากการประเมินการงานทั้งสามแบบโดยแบบจำลองจะเห็นได้ว่าแต่ละเกณฑ์มีส่วนที่แตกต่างกัน OWAS จะพิจารณาอย่างหยาบๆ ซึ่งให้ค่าที่ไม่ค่อยเปลี่ยนแปลง แยกท่าทางในการบันทึกออกได้ง่ายอาจบันทึกโดยไม่ต้องมีการวัดค่าโดยแบบจำลองก็ได้ แต่แบบจำลองอาจช่วยจำแนกท่าทางตามตารางการประเมินซึ่งมีอยู่ในโปรแกรม ซึ่งจะช่วยให้เร็วขึ้น การประเมินการงานแบบ RULA ต้องการความละเอียดของการบันทึกค่ามุมต่างๆ แบบจำลองจึงช่วยในการแยกแยะท่าทางได้มาก นอกจากนั้นการประเมินการงานแบบ RULA ยังคำนึงถึงความเร็วในการทำงานด้วย และในงานตัวอย่างนี้มีความเร็วของการทำงานสูง RULA จึงให้ค่าที่เป็นอันตรายมากกว่า วิธี OWAS และการประเมินการงานตามเกณฑ์แรงกดอัดที่กระดูกสันหลัง L5/S1 ส่วนการประเมินการงานตามเกณฑ์แรงกดอัดที่กระดูกสันหลัง L5/S1 นั้น ตัวที่ส่งผลกระทบต่อแรงกดอัดนี้ก็คือท่าทางและมวลของชิ้นงาน จะบอกได้ว่าในท่าใดและช่วงใดที่การงานจะเป็นอันตราย

เนื่องจากในการประเมินการงานแต่ละแบบมีจุดเด่นที่แตกต่างกันดังกล่าว ดังนั้นการประเมินการงานของงานหนึ่งทีประเมินร่วมกันไปทั้งสามวิธีจะช่วยในการพิจารณาพิจารณาได้ดียิ่งขึ้น ซึ่งแบบจำลองนี้สามารถทำพร้อมกันได้โดยสะดวกทั้งสามวิธี ดังแสดงข้างต้น

การเปรียบเทียบกับโปรแกรม MANNEQUIN

หลังจากได้พัฒนาแบบจำลองเรียบบร้อยแล้วได้ทดลองนำไปเปรียบเทียบกับโปรแกรมที่มีอยู่คือ MANNEQUIN มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

โปรแกรม MANNEQUIN เป็นโปรแกรมที่แสดงภาพคน 3 มิติ สามารถจัดทำทางได้ตามต้องการ ใช้ทดสอบความพอดีได้โดยใช้สัดส่วนร่างกายของชาติต่าง ๆ 10 ชาติ ทั้งเพศหญิง เพศชาย มีทั้งผู้ใหญ่และเด็ก โดยมีให้เลือกสัดส่วนร่างกาย 5 ขนาด คือที่เปอร์เซ็นต์ไสต์ ที่ 2.5 5 50 97.5 และ 95 มีแบบของร่างกาย 3 แบบคือ ปกติ อ้วน และผอม แสดงผลเป็นแบบเส้นโครงร่างหรือเป็นรูปเหมือนจริงได้ ทดสอบการมองเห็นของหุ่นที่จัดทำทางอยู่ได้ มีความสามารถในการวาดรูป 3 มิติ และกำหนดขนาดคล้ายกับโปรแกรมช่วยออกแบบ AutoCAD แสดงค่าทอร์กที่จุดต่าง ๆ ได้ โดยใช้ค่าแรงและโมเมนต์ภายนอกได้ที่มือ มีส่วนประกอบของร่างกาย 16 ส่วน คือ มือ 2 ชิ้น แขนส่วนล่าง 2 ชิ้น แขนส่วนบน 2 ชิ้น ศีรษะ 1 ชิ้น คอ 1 ชิ้น ลำตัวส่วนบน 1 ชิ้น ลำตัวส่วนล่าง 1 ชิ้น ขาสวนบน 2 ชิ้น ขาสวนล่าง 2 ชิ้น และเท้า 2 ชิ้น

จากการเปรียบเทียบชิ้นส่วนร่างกายชาวอเมริกันที่ใช้ในโปรแกรม MANNEQUIN พบว่าเป็นค่าเดียวกับที่ Diffrient, Taille and Bardajgy (1985) อ้างถึง ซึ่งมีค่าที่ใกล้เคียงกับแบบจำลองในงานวิจัยนี้ จึงเป็นที่คาดหมายว่า มวลของชิ้นส่วน และจุดศูนย์กลางมวล ซึ่งไม่ได้แสดงไว้ในโปรแกรม จะมีค่าใกล้เคียงกันด้วย

ด้วยเหตุนี้จึงเลือกขนาดของร่างกายในโปรแกรม MANNEQUIN ที่มีค่าใกล้เคียงกับขนาดร่างกายของผู้ถูกทดสอบที่ใช้ในงานวิจัยนี้ จากการพิจารณาพบว่าชาวญี่ปุ่นที่มีขนาดร่างกายเท่ากับเปอร์เซ็นต์ไสต์ที่ 50 มีค่าใกล้เคียงกับผู้ถูกทดสอบในงานวิจัยนี้ คือ มีมวลเท่ากับ 60.2 กิโลกรัม และสูงเท่ากับ 165.4 เซนติเมตร จากนั้นลองจัดทำทางเช่นเดียวกับการวิจัย โดยใช้ผู้ถูกทดสอบชายหมายเลข 4 ในการทดสอบครั้งที่ 2 ตำแหน่งการยืนที่ 2 เพื่อนำค่าโมเมนต์ที่ข้อเท้ามาเปรียบเทียบกัน (การยืนตำแหน่งนี้ข้อเท้าจะอยู่ในตำแหน่งเดียวกับจุดหมุนของ Force Platform) ได้ค่าที่ 6.11

ตารางที่ 6.11 แสดงการเปรียบเทียบค่าโมเมนต์ที่ได้จาก Force Platform จากแบบจำลอง และค่าที่ได้จากโปรแกรม MANNEQUIN (Nm)

ท่าที่	ครั้งที่	จากแท็บบน Force Platform	จากแบบจำลอง ในงานวิจัย	จากโปรแกรม MANNEQUIN
1	1	27.6	37.1	22
2	1	70.5	75.6	26
	2	63.9	78.2	26
3	1	65.9	70.4	22
	2	63.2	80.8	22

จากการเปรียบเทียบพบว่าค่าโมเมนต์ที่ได้จากโปรแกรม MANNEQUIN ต่างจากค่าที่ได้จาก Force Platform ถ้าเปรียบเทียบกับแบบจำลองที่สร้างขึ้น จะพบว่าค่าโมเมนต์ที่ได้จากแบบจำลองที่สร้างขึ้นในงานวิจัยนี้จะมีค่าใกล้เคียงกับ Force Platform มากกว่า

แบบจำลองที่สร้างขึ้นในงานวิจัยนี้มีการคำนวณที่ชัดเจนมีความยืดหยุ่นและสามารถดัดแปลงแก้ไขได้ง่าย นอกจากนี้แล้วยังมีความสามารถในการประเมินภาระงานได้ในสามแนวทางดังกล่าวข้างต้น แต่โปรแกรม MANNEQUIN เหมาะกับการทดสอบความพอดีของสัดส่วนร่างกายกับมิติของเครื่องจักรมากกว่าที่จะนำมาประเมินภาระงาน เพราะไม่ได้ให้รายละเอียดทางด้านนี้นัก ส่วนความสะดวกในการใช้งานของแบบจำลองที่สร้างขึ้นในงานวิจัยนี้ยังด้อยกว่าโปรแกรม MANNEQUIN สามารถปรับปรุงให้ดียิ่งขึ้นได้ต่อไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

