

การวิเคราะห์ความเครียดจากการทำงานคอนกรีต
ของผู้ใช้แรงงานก่อสร้างอาคาร

นายอลงกรณ์ จัตรเมืองปัก

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ปีการศึกษา 2555

**ANALYSIS OF CONCRETE JOB STRAIN AMONG
CONSTRUCTION WORKERS**

Alongkorn Chatmuangpak

**A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the
Degree of Master of Engineering in Industrial Engineering
Suranaree University of Technology
Academic Year 2012**

การวิเคราะห์ความเครียดจากการทำงานคอนกรีตของผู้ใช้แรงงานก่อสร้างอาคาร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

(ผศ. ดร.พงษ์ชัย จิตตะมัย)

ประธานกรรมการ

(ผศ. ดร.พรศิริ จงกล)

กรรมการ (อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์)

(ผศ. ดร.ปภากร พิทยชาล)

กรรมการ

(อ. ดร.ปวีร์ ศิริรักษ์)

กรรมการ

(ศ. ดร.ชูกิจ ลิ้มปีจันทร์)

รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ

(รศ. ร.อ. ดร.กนต์ธร ชำนิประศาสน์)

คณบดีสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

อลงกรณ์ นัตรเมืองปัก : การวิเคราะห์ความเครียดจากการทำงานคอนกรีตของผู้ใช้แรงงาน
ก่อสร้างอาคาร (ANALYSIS OF CONCRETE JOB STRAIN AMONG
CONSTRUCTION WORKERS) อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรศิริ จงกล,
127 หน้า.

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ประเมินความเครียดจากการทำงานคอนกรีตของผู้ใช้
แรงงานก่อสร้างอาคาร 2) บ่งชี้ปัจจัยเสี่ยงอันเนื่องมาจากการคอนกรีตของผู้ใช้แรงงานก่อสร้างอาคาร
3) เปรียบเทียบผลจากทิศทางการส่งคอนกรีตในแนวระนาบและแนวตั้ง ที่มีผลต่อความเครียดทาง
สรีรวิทยา โดยใช้เครื่องมือทางการยศาสตร์ดังนี้ คือ 1) ประเมินความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บของ
ร่างกาย โดยใช้ Strain Index (SI), Ovako Working Posture Analysis System (OWAS) และ Rapid
Entire Body Assessment (REBA) 2) วัดอัตราการเต้นของหัวใจ (Heart Rate) เพื่อวัดภาระงานที่
เกิดขึ้นในการส่งคอนกรีตที่แตกต่างกัน และ 3) ใช้แบบสอบถามมาตรฐานนอร์ดิก Standardised
Nordic Questionnaires เพื่อบ่งชี้การบาดเจ็บตามส่วนต่าง ๆ ของร่างกายของผู้ใช้แรงงาน และใช้
แบบสอบถามความรู้สึกเมื่อยล้าของร่างกาย (Body Discomfort Map) เพื่อประเมินความรู้สึก
เมื่อยล้า หรือเจ็บปวดกล้ามเนื้อระหว่างทำงานหรือหลังเลิกงาน โดยทำการประเมินและวิเคราะห์
จากกลุ่มกรรมกรงานคอนกรีตในงานก่อสร้างอาคาร

ผลการศึกษาของผู้ใช้แรงงานทั้งหมด 21 คนพบว่าการทำงานคอนกรีตในการก่อสร้างมี
ผลกระทบต่อหลังส่วนล่าง คิดเป็นร้อยละ 100 ของผู้ใช้แรงงานทั้งหมด การทำงานคอนกรีตใน
แนวตั้งส่งผลให้อัตราการเต้นของหัวใจมีค่าเกิน 110 ครั้งต่อนาที ซึ่งมีความเสี่ยงที่จะเกิดความ
ล้มเหลวของระบบหมุนเวียนโลหิต และยังพบว่าทิศทางการส่งคอนกรีต และขั้นตอนการทำงาน มี
ผลต่ออัตราการเต้นของหัวใจอย่างมีนัยสำคัญ จากการประเมินความเสี่ยงทางการยศาสตร์ด้วยแบบ
ประเมินต่าง ๆ พบว่าการทำงานคอนกรีตในการก่อสร้างอาคารมีความเสี่ยงต่อการเกิดอาการ
บาดเจ็บต่อส่วนต่าง ๆ ของร่างกายจึงควรมีการปรับปรุงวิธีการทำงาน และกล้ามเนื้อส่วนใหญ่ที่ใช้
ในการทำงานคอนกรีต คือ กล้ามเนื้อทราพีเซียส และอิเล็กเตอร์สไปน

ALONGKORN CHATMUANGPAK : ANALYSIS OF CONCRETE JOB

STRAIN AMONG CONSTRUCTION WORKERS. THESIS

ADVISOR : ASST. PROF. PORNSIRI JONGKOL, Ph.D., 127 PP.

HEART RATE /CONCRETE JOB/ASSESSMENT/RISK/FACTOR/DIRECTION
HANDLING

The objectives of this study were: 1) to evaluate job strain among concrete workers in construction, 2) to identify risk factors for the concrete jobs of the construction workers, and 3) to investigate the effect of handling direction on physiological strain of concrete workers. In this study, ergonomics tools used were : 1) Strain Index, Ovako Working Posture Analysis System and Rapid Entire Body Assessment, 2) heart rate measurement equipment, and 3) Standardised Nodic Questionnaire and Body Discomfort Map.

The results of 21 workers showed that all workers had lower back pain. For concrete handling in vertical direction, heart rate of the workers exceeded 110 beats per minute, indicating the risk of cardiovascular system failure. The direction handling of a concrete job affected heart rate significantly. The results of ergonomic assessment showed that the concrete job resulted in work-related injury and therefore work improvement was required to alleviate work strain.

School of Industrial Engineering

Academic Year 2012

Student's Signature _____

Advisor's Signature _____

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณาอย่างดียิ่งจากท่านผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรศิริ จงกล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งได้ให้โอกาสทางการศึกษา ให้ความรู้ทางวิชาการ ให้คำแนะนำในด้านต่าง ๆ ตลอดจนคอยดูแล เป็นแรงกระตุ้นในการเรียนและการทำงาน และมีความเอาใจใส่ลูกศิษย์เป็นอย่างดี อีกทั้งยังให้คำปรึกษาแนวทางในการดำเนินการวิจัย ตรวจสอบและแก้ไขจนสามารถทำให้ผลงานวิจัยเล่มนี้เสร็จสมบูรณ์ ผู้วิจัยจึงขอกราบขอบพระคุณ ท่านผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรศิริ จงกล อย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณ ท่านผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พงษ์ชัย จิตตะมัย ที่ให้การอบรมสั่งสอนทางวิชาการ รวมถึงให้คำแนะนำต่าง ๆ ทั้งทางด้านการศึกษาและการดำเนินชีวิต

ขอกราบขอบพระคุณ ท่านผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปภากร พิทยชาวล และท่านอาจารย์ ดร.ปวีร์ ศิริรักษ์ ที่ได้กรุณาเปิดโอกาสให้ได้เป็นผู้ช่วยในการทำงานวิจัยให้แก่บริษัทและโรงงานต่าง ๆ ในขณะที่ยังทำการศึกษาอยู่ภายในมหาวิทยาลัย และขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ต่าง ๆ

ขอขอบพระคุณ คุณสุเทพ ฤทธิ์เดช ที่ให้ความช่วยเหลือในการอนุญาตให้เก็บข้อมูลของผู้ใช้แรงงานในการก่อสร้างอาคาร ของบริษัท เทคโนโลยี บิวเดอร์ (2001) จำกัด

ขอขอบพระคุณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ให้ทุนสนับสนุนการทำวิจัย

ท้ายนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบิดามารดา และทุกคนในครอบครัวที่ให้การอุปการะเลี้ยงดู อบรมสั่งสอน ให้คำปรึกษาแนะนำการวางแผนชีวิต ให้การสนับสนุนในการศึกษา และคอยเป็นกำลังใจที่ดี จนเป็นผลทำให้ประสบผลสำเร็จในการศึกษาครั้งนี้

อลงกรณ์ ฉัตรเมืองปัก

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ (ภาษาไทย)	ก
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ)	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูป	ฉ
บทที่	
1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	4
1.3 ข้อตกลงเบื้องต้น	4
1.4 ขอบเขตของการวิจัย	5
1.5 สมมติฐานในการวิจัย	5
1.6 วิธีดำเนินการวิจัย	6
1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	7
2 ปรัชญาวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	8
2.1 งานก่อสร้าง	8
2.2.1 งานปูนในงานก่อสร้าง	9
2.2 การบาดเจ็บในการทำงาน	10
2.3 การทำงานในสภาพร้อน	11
2.4 คุณลักษณะทางสรีระ	13
2.5 การประเมินภาระงาน	13
2.5.1 Strain Index	14
2.5.2 Ovako Working Posture Analysis System	14
2.5.3 Rapid Entire Body Assessment	14

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.5.4	การประเมินจากความรู้สึกเหนื่อยจากการออกแรง	15
2.5.5	หลักการวิเคราะห์ภาระงานของกล้ามเนื้อ ด้วยคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ	16
2.5.6	อัตราการเต้นของหัวใจ	16
2.6	ท่าทางการทำงาน	17
2.7	ภาระจากการขนย้ายสิ่งของ	17
2.8	การออกแบบและวิเคราะห์การทดลอง	18
2.8.1	หลักการพื้นฐาน	18
2.8.2	การทดสอบสมมติฐาน	18
2.8.3	การวิเคราะห์ความแปรปรวน	19
2.9	งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	19
3	วิธีดำเนินการวิจัย	23
3.1	การออกแบบการทดลอง	23
3.1.1	ผู้ถูกทดสอบ	23
3.1.2	การเตรียมการทดลอง	23
3.1.3	แผนการทดลอง	25
3.1.4	การบันทึกข้อมูล	25
3.2	การสำรวจและเก็บข้อมูล	27
3.2.1	ขั้นตอนการเก็บข้อมูล	27
3.2.2	ข้อมูลที่ต้องใช้ในการวิเคราะห์	28
3.3	เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำวิจัย	30
3.4	การวิเคราะห์ข้อมูล	31
3.4.1	การวิเคราะห์ปัจจัยต่าง ๆ ในการวิจัย	31
3.4.2	การวิเคราะห์ช่วงเวลาในการทำงาน	32
3.4.3	แบบสอบถามมาตรฐานนอร์ดิค	32
3.4.4	การวัดอัตราการเต้นของหัวใจ	32
3.4.5	การวิเคราะห์ความแปรปรวน	33

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.4.6	ดัชนีความเครียด	33
3.4.7	การวิเคราะห์ท่าทางการทำงาน	40
3.4.8	การประเมินส่วนของร่างกายทั้งหมดอย่างรวดเร็ว	42
3.4.9	การวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ	48
3.4.10	แบบสอบถามความรู้สึกลำบากของร่างกาย	50
4	ผลการวิจัยและการวิเคราะห์ผล	53
4.1	การศึกษาลักษณะการทำงานคอนกรีตในการก่อสร้างอาคาร	53
4.1.1	การวิเคราะห์การทำงานคอนกรีตในการก่อสร้างอาคาร	53
4.1.2	สภาพแวดล้อมของการทำงาน	55
4.1.3	การวิเคราะห์กิจกรรมในแต่ละขั้นตอน และวงรอบเวลาการทำงาน	55
4.2	การวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับการเจ็บปวดตามร่างกายของผู้ใช้แรงงาน ในงานคอนกรีตด้วยแบบสอบถามมาตรฐานนอร์ดิก	56
4.3	การประเมินผลกระทบจากการทำงานที่มีต่อร่างกาย โดยวัดจากอัตราการเต้นของหัวใจ	57
4.3.1	การวิเคราะห์อัตราการเต้นของหัวใจ	57
4.3.2	การวิเคราะห์การเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นของหัวใจ	60
4.4	การวิเคราะห์ความแปรปรวน	62
4.4.1	การทดสอบสมมติฐาน	63
4.5	ค่าดัชนีความเครียด	64
4.5.1	ระดับของการออกแรง	64
4.5.2	ระยะเวลาในการออกแรง	65
4.5.3	ความพยายามในการออกแรงต่อนาที	67
4.5.4	ท่าทางของมือและข้อมือ	68
4.5.5	ความเร็วของงาน	71
4.5.6	ระยะเวลาในการทำงาน	73
4.6	การวิเคราะห์ท่าทางการทำงาน	75

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.6.1	การประเมินท่าทางการทำงานโดยแบบประเมิน Ovako Working Posture Analysis System	75
4.6.2	การประเมินท่าทางการทำงานโดยแบบประเมิน Rapid Entire Body Assessment	80
4.7	การทดสอบการออกแรงกล้ามเนื้อในการทำงาน โดยการวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ	88
4.8	แบบสอบถามความรู้สึกลำบากของร่างกาย	90
5	สรุปและข้อเสนอแนะ.....	93
5.1	สรุปผลการวิจัย	93
5.2	การนำผลไปใช้ในทางปฏิบัติ	96
5.3	ข้อเสนอแนะในการทำงานวิจัยต่อไป	96
	รายการอ้างอิง	97
	ภาคผนวก	
	ภาคผนวก ก. แบบสอบถามมาตรฐานนอร์ดิค	100
	ภาคผนวก ข. แบบประเมินส่วนของร่างกายทั้งหมดอย่างรวดเร็ว	109
	ภาคผนวก ค. ข้อมูลอัตราการเต้นของหัวใจ และการคำนวณค่าการออกแรงในการทำงาน เทียบกับความสามารถในการออกแรงสูงสุด	111
	ภาคผนวก ง. ตัวอย่างการคำนวณเวลามาตรฐาน	115
	ภาคผนวก จ. รายชื่อบทความวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่	118
	ประวัติผู้เขียน	127

สารบัญตาราง

ตารางที่

หน้า

1.1	จำนวนผู้ประสบอันตรายในอุตสาหกรรมก่อสร้างจำแนกตามความรุนแรง	4
2.1	การเปรียบเทียบสเกลระดับคะแนนการรับรู้ภาระงานของเดิม และการปรับใหม่ของ Borg	15
3.1	ตารางบันทึกข้อมูลอัตราการเต้นของหัวใจ	26
3.2	ตารางบันทึกข้อมูลค่าการออกแรงของกล้ามเนื้อ	27
3.3	ระดับการออกแรง ระดับคะแนน และค่าน้ำหนักคะแนน	35
3.4	ระดับความรู้สึกเหนื่อยจาก Modified Borg Scale	36
3.5	ระดับค่าร้อยละของระยะเวลาการออกแรง ระดับคะแนน และค่าน้ำหนักคะแนน	37
3.6	ระดับความพยายามในการออกแรงต่อนาที ระดับคะแนน และค่าน้ำหนักคะแนน	38
3.7	การแบ่งระดับท่าทางมือและข้อมือ ระดับคะแนน และค่าน้ำหนักคะแนน	38
3.8	การแบ่งระดับความเร็ว ค่าร้อยละของความเร็วของงานแต่ละระดับ ระดับคะแนน และค่าน้ำหนักคะแนน	40
3.9	ระยะเวลาในการทำงาน ระดับคะแนน และค่าน้ำหนักคะแนน	40
3.10	ระดับคะแนนของทั้ง 4 ปัจจัย และคะแนนรวมจากทั้ง 4 ปัจจัย	41
3.11	ปัจจัยความเสี่ยง ระดับคะแนน และท่าทางการทำงาน	42
3.12	ตารางคะแนนรวมการประเมินส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย	47
3.13	ระดับคะแนนความเสี่ยงโดยการประเมินด้วย REBA	48
3.14	คะแนน และระดับความเมื่อยล้า	52
4.1	ผลการสำรวจข้อมูลพื้นฐานของผู้ใช้แรงงาน	57
4.2	อัตราการเต้นของหัวใจของผู้ถูกทดสอบในการดักคอนกรีต	58
4.3	อัตราการเต้นของหัวใจของผู้ถูกทดสอบในการส่งคอนกรีต	59

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.4 อัตราการเต้นของหัวใจของผู้ถูกทดสอบในการทดสอบกริต	59
4.5 การเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นของหัวใจในขั้นตอนการตักคอนกรีต	60
4.6 การเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นของหัวใจในขั้นตอนการส่งคอนกรีต	61
4.7 การเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นของหัวใจในขั้นตอนการเทคอนกรีต	61
4.8 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน	64
4.9 ผลการวิเคราะห์ค่าการออกแรงในขณะทำงานเมื่อเทียบกับ ความสามารถในการออกแรงสูงสุด และผลการประเมินความรู้สึกเหนื่อย จากการออกแรง Modified Borg Scale	64
4.10 ผลการวิเคราะห์ค่าร้อยละของระยะเวลาในการออกแรง ระดับคะแนน และค่าน้ำหนักคะแนน (แนวระนาบ)	65
4.11 ผลการวิเคราะห์ค่าร้อยละของระยะเวลาในการออกแรง ระดับคะแนน และค่าน้ำหนักคะแนน (แนวตั้ง)	66
4.12 การวัดตมสามมือและข้อมือของการทำงานหรือส่งคอนกรีตในแนวระนาบ	69
4.13 การวัดตมสามมือและข้อมือของการทำงานหรือส่งคอนกรีตในแนวตั้ง	70
4.14 ผลการคำนวณค่าร้อยละของความเร็วของงาน	72
4.15 ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีความเครียดการทำงานคอนกรีตในแนวระนาบ	73
4.16 ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีความเครียดการทำงานคอนกรีตในแนวตั้ง	74
4.17 ท่าทางการทำงานคอนกรีตในแนวระนาบ	76
4.18 ท่าทางการทำงานคอนกรีตในแนวตั้ง	77
4.19 คะแนนการทำงานคอนกรีตในแนวระนาบ	78
4.20 คะแนนการทำงานคอนกรีตในแนวตั้ง	79
4.21 ท่าทางของส่วนต่าง ๆ ของร่างกายในการทำงานคอนกรีตในแนวระนาบ	81
4.22 ท่าทางของส่วนต่าง ๆ ของร่างกายในการทำงานคอนกรีตในแนวตั้ง	83
4.23 ตารางค่าร้อยละของการออกแรงสูงสุดของการทำงานของกล้ามเนื้อ 4 ชุด ในขั้นตอนต่าง ๆ ของงานคอนกรีต	89
4.24 ผลการสอบถามความรู้สึกเมื่อยล้าของร่างกาย	91
ก.1 ปัญหาที่เกิดขึ้นในอวัยวะส่วนแขนและขา	102

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ก.2	แบบสอบถามเกี่ยวกับความเจ็บปวดหลังส่วนล่าง104
ก.3	แบบสอบถามเกี่ยวกับความเจ็บปวดบริเวณคอ106
ก.4	แบบสอบถามเกี่ยวกับความเจ็บปวดบริเวณไหล่108
ค.1	ข้อมูลอัตราการเดินของหัวใจ และค่าการออกแรงขกสูงสุดของการตักคอนกรีต112
ค.2	ข้อมูลอัตราการเดินของหัวใจ และค่าการออกแรงขกสูงสุดของการส่งคอนกรีต113
ค.3	ข้อมูลอัตราการเดินของหัวใจ และค่าการออกแรงขกสูงสุดของการเทคอนกรีต114
ง.1	ตัวอย่างตารางบันทึกค่า MTM และแสดงการคำนวณเวลามาตรฐาน116



สารบัญรูป

รูปที่

หน้า

1.1	ประเภทกิจการที่ถูกจ้างได้รับอันตรายหรือเจ็บป่วย เนื่องจากการทำงานสูงสุด 5 อันดับแรกปี 2550-2554	2
1.2	จำนวนการประสบอันตรายหรือเจ็บป่วยเนื่องจากการทำงานปี 2550-2554	3
1.3	กรอบแนวความคิดการวิจัย	6
2.1	ปัจจัยที่มีผลต่อการบาดเจ็บของแรงงานก่อสร้าง	11
3.1	แสดงตำแหน่งการทำงานในแนวระนาบ	24
3.2	แสดงตำแหน่งการทำงานในแนวดิ่ง	24
3.3	นาฬิกาจับเวลาดิจิทัล	30
3.4	เทปวัดระยะทาง	30
3.5	เครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจ	31
3.6	เครื่องวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ	31
3.7	Jackson Strength Evaluation System	31
3.8	Blue Sensor P Electrodes	31
3.9	การวัดองศาท่าทางมือและข้อมือ	39
3.10	ท่าทางส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย	46
3.11	แบบสอบถามความรู้สึกเมื่อยล้าของร่างกาย	51
4.1	ขั้นตอนการทำงานคอนกรีตในแนวระนาบ	54
4.2	ขั้นตอนการทำงานคอนกรีตในแนวดิ่ง	54
ก.1	ตำแหน่งต่าง ๆ ของร่างกายโดยประมาณตามที่ย้ำถึงในแบบสอบถาม	101
ก.2	หลังส่วนล่างที่ย้ำถึงในแบบสอบถาม	103
ก.3	บริเวณคอที่ย้ำถึงในแบบสอบถาม	105
ก.4	บริเวณไหล่ที่ย้ำถึงในแบบสอบถาม	107
ข.1	แบบประเมิน Rapid Entire Body Assessment (REBA)	110

บทที่ 1

บทนำ

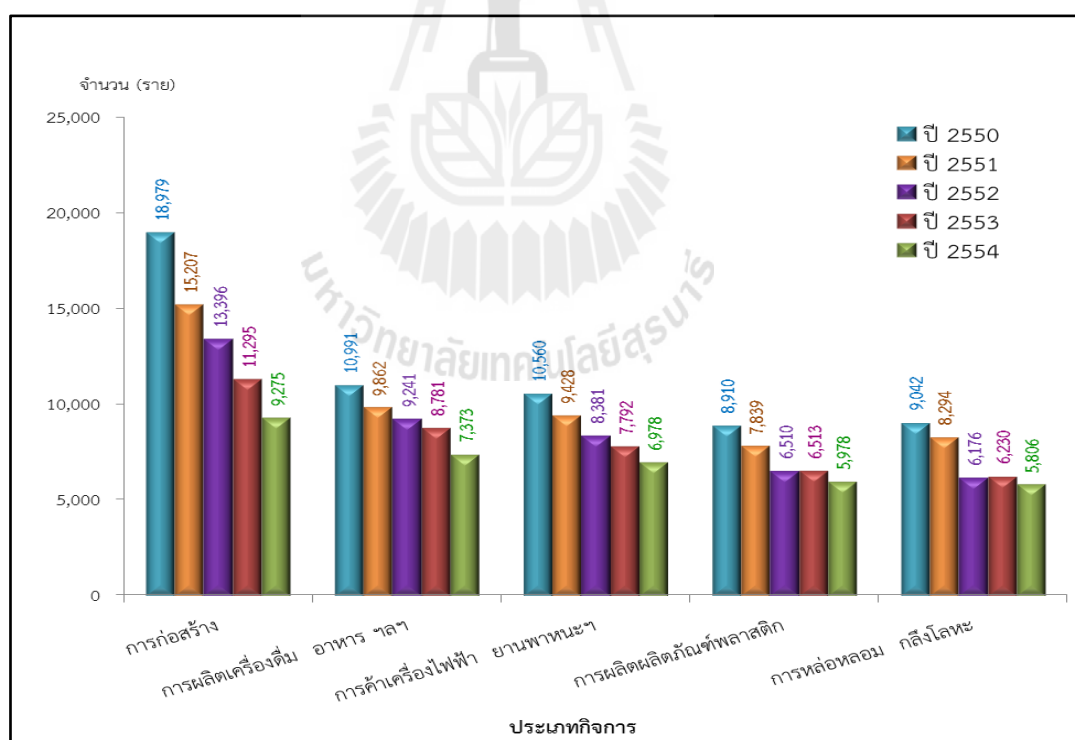
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

กลุ่มอุตสาหกรรมก่อสร้างเป็นกลุ่มที่มีความสำคัญในระบบเศรษฐกิจของประเทศไทย จากการประมาณการพบว่าธุรกิจอสังหาริมทรัพย์และก่อสร้างมีสัดส่วนประมาณร้อยละ 20 ของผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ (GDP) คิดเป็นมูลค่าประมาณสองล้านล้านบาท โดยกิจการส่วนใหญ่เป็นกิจการขนาดกลางและเล็ก ซึ่งมีจำนวนกิจการที่จดทะเบียนในอุตสาหกรรมก่อสร้างประมาณแปดหมื่นถึงหนึ่งแสนราย (เกรียงไกร เตชกานนท์, 2552) งานก่อสร้างในประเทศไทยได้ก้าวหน้าและเพิ่มปริมาณขึ้นมาก แต่สิ่งที่เกิดขึ้นเป็นเงาตามการปฏิบัติงานในงานก่อสร้าง คือ อุบัติเหตุซึ่งการเกิดอุบัติเหตุในแต่ละครั้งก่อให้เกิดความสูญเสียทั้งชีวิตและทรัพย์สิน ในกิจการก่อสร้างขนาดกลางและขนาดเล็กมีลักษณะเฉพาะดังต่อไปนี้ คือ 1) เทคโนโลยีที่ล้าสมัย 2) ไม่สนใจการบริหารความปลอดภัย 3) ขาดแคลนผู้เชี่ยวชาญความปลอดภัยด้านก่อสร้าง 4) มีนโยบายมาตรการป้องกันอุบัติเหตุในงานก่อสร้างไม่เพียงพอ 5) ขาดแคลนเงินทุนในการบริหารความปลอดภัย และ 6) ไม่มีนโยบายส่งเสริมการฝึกอบรมด้านความปลอดภัย เมื่อพิจารณาเกี่ยวกับความปลอดภัยในอุตสาหกรรมก่อสร้าง พบว่าชนิดของการประสบอันตราย ได้แก่ ตกจากที่สูง สิ่งของตกลง กระแสไฟฟ้าช็อต การพังทลาย การหนีบ รั่ว กระแทก ฝุ่น

กระบวนการในการทำงานก่อสร้างพบว่าแรงงานส่วนใหญ่ ต้องใช้กล้ามเนื้อและกระดูก ในการยก เอื้อม เอี้ยวตัว ดึงและลากในท่าทางการทำงานที่ซ้ำซากอย่างต่อเนื่อง ซึ่งเป็นปัจจัยต่อการปวดเมื่อยกล้ามเนื้อและกระดูก จึงเป็นต้นเหตุให้เกิดการบาดเจ็บจากการทำงานก่อสร้าง นอกจากนี้ยังขาดความสนใจของผู้ที่เกี่ยวข้องอย่างจริงจัง คนงานยังขาดความรู้ความเข้าใจ และจิตสำนึกในการปฏิบัติงานอย่างถูกต้องและเหมาะสม จึงทำให้การบาดเจ็บยังคงมีมาก ซึ่งเป็นปัญหาสำคัญที่ต้องได้รับการแก้ไขโดยเร่งด่วน งานก่อสร้างนับเป็นงานที่มีความเสี่ยงต่อสุขภาพ ในส่วนระบบกล้ามเนื้อและกระดูกและยังส่งผลต่อการเกิดอุบัติเหตุของแรงงานก่อสร้าง แต่รายงานข้อมูลด้านสุขภาพของแรงงานเท่าที่ปรากฏเป็นการรายงานภาวะสุขภาพโดยรวมซึ่งส่วนใหญ่เป็นการบาดเจ็บจากการทำงาน ในขณะที่แรงงานเป็นกลุ่มที่ควรจะได้รับ การดูแลทางด้านสุขภาพเป็นอย่างดี เพราะเป็นกลุ่มที่มีโอกาสในสังคมน้อย มีรายได้ต่ำและมีความรู้ต่ำ การเข้าออก

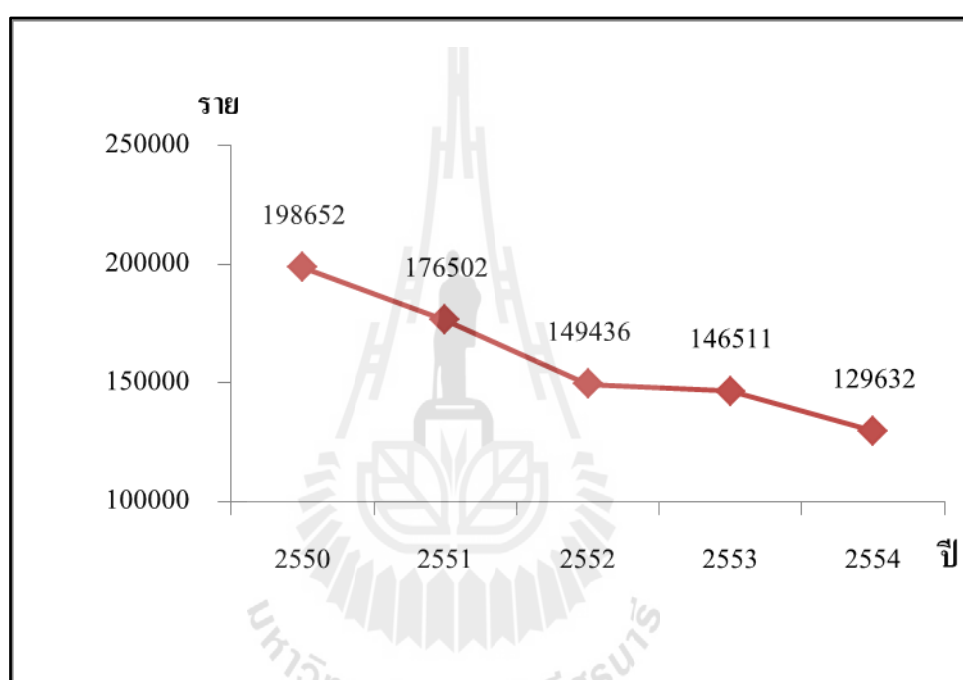
งานบ่อยซึ่งอาจทำให้แรงงานมีหลักประกันสุขภาพในระบบประกันสังคมไม่ครอบคลุมและแรงงานมีความเคยชินกับความผิดปกติทางกล้ามเนื้อและกระดูกที่มีอาการไม่รุนแรงจึงละเลยไม่ใส่ใจในการดูแลรักษาหรืออาจขาดความรู้และความเอาใจใส่ในการดูแลสุขภาพของตนเอง การบาดเจ็บในบางครั้งนั้นไม่ควรจะเกิด แต่เมื่อเกิดขึ้นแล้ว จึงทำให้เกิดความสูญเสียอย่างมาก หากหน่วยงานก่อสร้างให้ความสนใจต่อแรงงาน โดยจัดให้มีการฝึกอบรมการปฏิบัติงานที่ถูกต้องหรือชี้แจงเรื่องการบาดเจ็บที่เกิดขึ้นจากการทำงานก็จะช่วยลดการสูญเสียที่อาจเกิดขึ้นได้ (ธีระพงษ์ ปรามสกุล, 2553)

จากการวิเคราะห์แนวโน้มการประสบอันตราย ปี 2550-2554 (สำนักงานประกันสังคม, 2555) พบว่า ปี 2550-2554 ประเภทกิจการที่มีจำนวนลูกจ้างประสบอันตรายสูงสุด คือ ประเภทกิจการก่อสร้าง โดยเฉลี่ย 5 ปี คิดเป็นร้อยละ 8.74 ต่อปีของจำนวนการประสบอันตรายทั้งหมด รองลงมา คือ ประเภทกิจการการผลิตเครื่องดื่ม อาหาร ฯลฯ และประเภทกิจการการค้าเครื่องไฟฟ้า ยานพาหนะ ฯลฯ ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1 ประเภทกิจการที่ลูกจ้างได้รับอันตรายหรือเจ็บป่วยเนื่องจากการทำงานสูงสุด 5 อันดับแรกปี 2550-2554 (สำนักงานประกันสังคม, 2555)

สำนักงานกองทุนเงินทดแทน ได้ดำเนินการรวบรวมข้อมูลสถิติการประสบอันตรายหรือเจ็บป่วยเนื่องจากการทำงานของลูกจ้างในสถานประกอบการปี 2550-2554 จากข้อมูลพบว่าปี 2554 มีจำนวนการประสบอันตราย 129,632 ราย ลดลงจากปี 2553 ร้อยละ 11.52 เมื่อพิจารณาจำนวนการประสบอันตรายของ ปี 2550-2554 พบว่า ปี 2550 มีการประสบอันตราย 198,652 ราย และปีต่อมาจำนวนการประสบอันตรายมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่อง เฉลี่ยร้อยละ 10 ต่อปี ดังแสดงในรูปที่ 1.2



รูปที่ 1.2 จำนวนการประสบอันตรายหรือเจ็บป่วยเนื่องจากการทำงานปี 2550-2554 (สำนักงานประกันสังคม, 2555)

เมื่อพิจารณาการประสบอันตรายหรือเจ็บป่วยเนื่องจากการทำงาน ปี 2550-2554 ในอุตสาหกรรมก่อสร้าง มีจำนวนของการประสบอันตรายหรือเจ็บป่วยเนื่องจากการทำงานลดลงเรื่อย ๆ ในแต่ละปี แต่หากพิจารณาเป็นค่าอัตราการประสบอันตรายหรือเจ็บป่วยเนื่องจากการทำงานทั้งหมด ระหว่างปี 2550-2554 คิดเป็นร้อยละ พบว่าอัตราการประสบอันตรายหรือเจ็บป่วยเนื่องจากการทำงานในแต่ละปีนั้นมีความแตกต่างกันไม่มากถึงแม้จะมีแนวโน้มลดลงเรื่อย ๆ

ดังเช่นอัตราการประสบอันตรายหรือเจ็บป่วยเนื่องจากการทำงานรวมทั้งหมด ดังแสดงในตารางที่

1.1

จากข้อมูลสำนักงานประกันสังคม ปี 2555 แสดงให้เห็นถึงความเสียหาย อันตรายหรือการเจ็บป่วยเนื่องจากการทำงานในอุตสาหกรรมก่อสร้างในประเทศไทย ซึ่งเป็นอุตสาหกรรมที่มีอันตรายหรือเจ็บป่วยเนื่องจากการทำงานมากกว่าอุตสาหกรรมอื่น ๆ ในทุก ๆ ปี ดังนั้นจึงควรที่จะมีการวิเคราะห์การทำงานและบ่งชี้ถึงปัจจัยเสี่ยงที่ทำให้เกิดอันตรายหรือเจ็บป่วยในงานก่อสร้าง เพื่อเป็นการป้องกันการเกิดอันตรายและพัฒนาอุตสาหกรรมก่อสร้างในประเทศไทยให้มาตรฐานในความปลอดภัยเพิ่มมากขึ้น

ตารางที่ 1.1 จำนวนผู้ประสบอันตรายในอุตสาหกรรมก่อสร้างจำแนกตามความรุนแรง (สำนักงานประกันสังคม, 2555)

พ.ศ.	ตาย	ทุพพลภาพ	สูญเสียอวัยวะบางส่วน	หยุดงานเกิน3วัน	หยุดงานไม่เกิน3วัน	รวม	คิดเป็นร้อยละ
2554	80	-	47	2,245	6,903	9,275	7.15
2553	76	-	87	2,424	8,708	11,295	7.71
2552	86	2	109	2,758	10,441	13,396	8.96
2551	83	1	130	3,334	11,659	15,207	8.62
2550	112	6	128	4,105	14,628	18,979	9.55

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ

1. เพื่อประเมินความเครียดจากการทำงานคอนกรีตของผู้ใช้แรงงานก่อสร้างอาคาร
2. เพื่อบ่งชี้ปัจจัยเสี่ยงอันเนื่องมาจากงานคอนกรีตของผู้ใช้แรงงานก่อสร้างอาคาร
3. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบผลจากทิศทางการส่งคอนกรีตในแนวระนาบและแนวตั้ง ที่มีผลต่อความเครียดทางสรีรวิทยา

1.3 ข้อตกลงเบื้องต้น

1. คนงานที่ทำงานอยู่ในพื้นที่ทำการศึกษาเดียวกันถือว่าอยู่ในสภาพแวดล้อมในการทำงานเดียวกันทั้งหมด
2. การทำงานและท่าทางการทำงานของผู้ใช้แรงงานแต่ละขั้นตอนการทำงาน มีลักษณะเหมือนเดิมทุกรอบการทำงานตลอดระยะเวลาในการทำงาน
3. เนื่องจากผู้ใช้แรงงานทุกคนมีประสบการณ์ทำงาน ดังนั้นจึงกำหนดว่าลักษณะท่าทางในการทำงานหรือการออกแรงในการทำงานของผู้ใช้แรงงานแต่ละคนในแต่ละขั้นตอนการทำงานมีลักษณะท่าทางในการทำงานหรือการออกแรงในการทำงานที่เหมือนกัน
4. รูปทรง และปริมาตรของถังที่ใช้ในการดักคอนกรีต มีลักษณะที่เหมือนกัน และปริมาตรในการดักคอนกรีตมีปริมาณที่เท่ากันทุกรอบ
5. กำหนดให้ ตอม่อ และเสา ที่ทำการหล่อ มีจำนวนและขนาดที่เท่ากัน

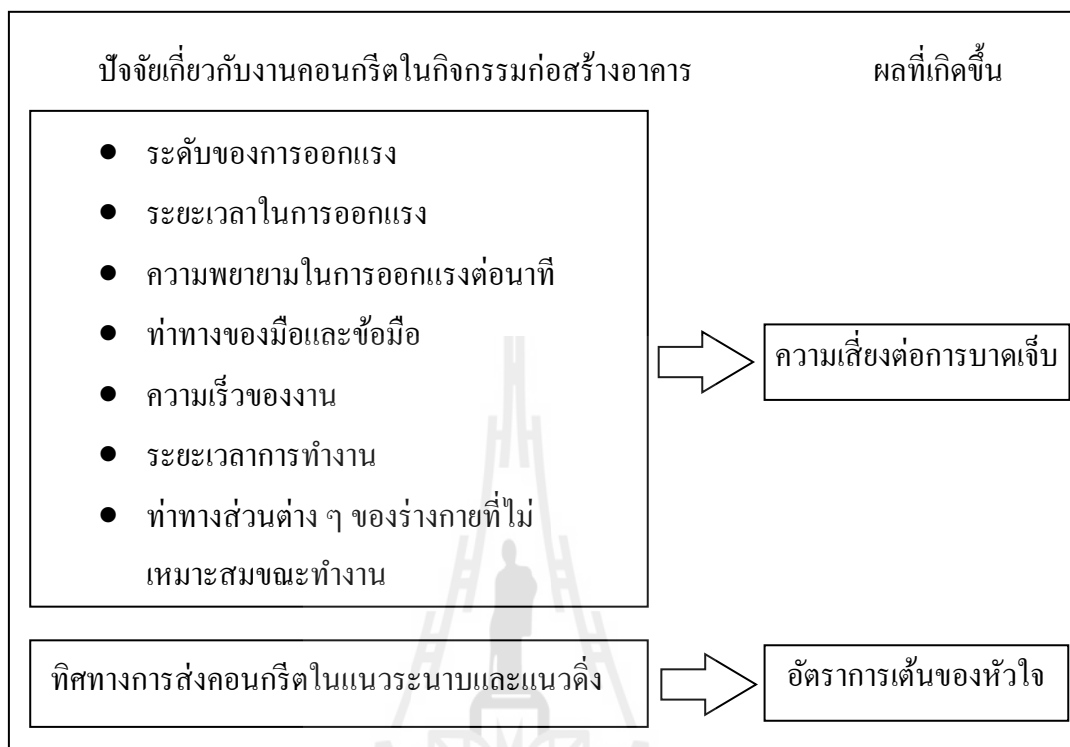
1.4 ขอบเขตของการวิจัย

งานวิจัยนี้ ได้ทำการศึกษาการทำงานคอนกรีตของผู้ใช้แรงงานก่อสร้างอาคาร โดยการเลือกกลุ่มผู้ใช้แรงงานที่มีหน้าที่ในการหล่อตอม่อ หล่อเสา ซึ่งมีการแบ่งผู้ใช้แรงงานออกเป็น 3 กลุ่ม คือ 1) ดักคอนกรีต 2) ส่งคอนกรีต และ 3) เทคอนกรีต เพื่อทำการประเมินภาระงานในกิจกรรมงานก่อสร้างอาคาร บ่งชี้ปัจจัยเสี่ยงอันเนื่องมาจากท่าทางการทำงาน ภาระงาน และศึกษาเปรียบเทียบผลกระทบจากทิศทางการส่งคอนกรีตในแนวระนาบและแนวดิ่งที่มีต่ออัตราการเต้นของหัวใจ ในกิจกรรมการก่อสร้างอาคาร โดยทำการเก็บข้อมูลจากอุตสาหกรรมก่อสร้างขนาดกลางและขนาดเล็กในจังหวัดนครราชสีมา

1.5 สมมติฐานในการวิจัย

1. ทิศทางการส่งคอนกรีตในแนวระนาบและแนวดิ่งมีผลกระทบต่ออัตราการเต้นของหัวใจ
2. งานคอนกรีตในงานก่อสร้างอาคารเป็นงานที่เสี่ยงต่อการเกิดอาการบาดเจ็บ โดยพิจารณาจาก Strain Index, Ovako Working Posture Analysis System, Rapid Entire Body Assessment, Electromyography (EMG) , Standardised Nordic Questionnaires และแบบสอบถามความรู้สึกล้าเมื่อยล้าของร่างกาย

สมมติฐานดังกล่าวสามารถแสดงเป็นกรอบแนวคิดการวิจัยได้ ดังแสดงในรูปที่ 1.3



รูปที่ 1.3 กรอบแนวคิดการวิจัย

1.6 วิธีดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยนี้ได้ทำการสุ่มตัวอย่างจากผู้ใช้แรงงานในกิจกรรมงานก่อสร้างอาคารของบริษัท เทคโนโลยีคอนกรีต (2001) จำกัด โดยมีการสำรวจและเก็บข้อมูล ดังนี้

1. สํารวจลักษณะการทำงานคอนกรีตในการก่อสร้างอาคาร และทำการจับเวลาวงรอบการทำงาน เพื่อวิเคราะห์เวลาในการทำงานและเวลาพักผ่อน
2. สังเกตและวิเคราะห์ท่าทางในการทำงานรวมถึงความถี่ในการทำกิจกรรมที่ซ้ำ ๆ กัน เพื่อวิเคราะห์ความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บจากการทำงาน
3. วัดอัตราการเต้นของหัวใจ ทั้งก่อนการทำงาน ในขณะทำงาน และหลังทำงาน โดยมีการวัดก่อนทำงาน 15 นาที และหลังการทำงาน 15 นาที แล้วนำไปเปรียบเทียบกับข้อเสนอแนะของ Brouha (1967)

4. ทำการวิเคราะห์ผลกระทบจากการทำงานที่มีต่อร่างกาย โดยการตรวจวัดอัตราการเต้นของหัวใจ
5. ใช้ Strain Index (SI), Ovako Working Posture Analysis System (OWAS) และ Rapid Entire Body Assessment (REBA) ในการประเมินความเสี่ยงทางกายศาสตร์
6. วัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (Electromyography, EMG) โดยใช้เครื่องวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อเพื่อหาค่าร้อยละของการออกแรงสูงสุด (maximal voluntary contraction) และนำไปวิเคราะห์การใช้กล้ามเนื้อต่าง ๆ ในงานคอนกรีต
7. ใช้แบบสอบถามมาตรฐานนอร์ดิก (Standardised Nordic Questionnaires) ในการสอบถามอาการบาดเจ็บของผู้ใช้แรงงาน และแบบสอบถามความรู้สึกลำบากของร่างกาย (Body Discomfort Map) ในการประเมินความรู้สึกลำบากหรือเจ็บปวดกล้ามเนื้อ

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เป็นองค์ความรู้ในการวิจัยทางด้านการประสพอันตรายอันเนื่องมาจากการทำงานในอุตสาหกรรมก่อสร้าง
2. สามารถนำไปใช้ในการวางแผนจัดการดูแลสุขภาพของแรงงานกลุ่มก่อสร้าง โดยหน่วยงานภาครัฐ เพื่อลดปัญหาของภาครัฐในระยะยาว และใช้อ้างอิงเพื่อจัดทำมาตรการที่เหมาะสมของงานด้านความปลอดภัยในอุตสาหกรรมก่อสร้าง
3. บริการความรู้แก่ประชาชนทั่วไป
4. เป็นประโยชน์ต่อประชากรผู้ใช้แรงงานในอุตสาหกรรมก่อสร้าง

บทที่ 2

ปรัทัศนัวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 งานก่อสร้างอาคาร

ในการก่อสร้างอาคารต้องใช้แรงงานหลายประเภท ซึ่งสามารถจำแนกประเภทได้ตามลักษณะของหมวดงาน ดังนี้ 1) งานเหมาโครงสร้าง 2) งานเหมาโครงหลังคา 3) งานเหมามุงหลังคา 4) งานเหมาก่อฉาบ 5) งานเหมาระบบประปา 6) งานเหมาไฟฟ้า 7) งานเหมาฝ้าเพดาน 8) งานเหมาปูพื้น 9) งานเหมาประตุน้ำต่าง 10) งานเหมาทาสี 11) งานเหมาติดตั้งสุขภัณฑ์ และ 12) งานเหมาระบบสุขาภิบาล (ธีระพงษ์ ปรามสกุล, 2553)

งานเหมาโครงสร้าง แรงงานกลุ่มนี้มีหน้าที่ในการทำโครงสร้างของอาคารทั้งหมด โดยเริ่มตั้งแต่งานโครงสร้างของฐานราก อันได้แก่ การลงเสาเข็ม และการหล่อตอม่อ เพื่อรองรับโครงสร้างของเสา และคานที่จะต้องทำอย่างต่อเนื่องเป็นขั้นตอน หลังจากนั้นก็จะเป็งานโครงสร้างของพื้นและบันไดซึ่งจะต้องเชื่อมต่อกับเสาและคานที่ได้ทำไว้แล้ว โดยการทำพื้นจะต้องเริ่มทำจากชั้นล่างไล่ขึ้นไปหาชั้นบนเพื่อความสะดวกในการทำงานและการลำเลียงวัสดุ ซึ่งแรงงานกลุ่มนี้จะประกอบไปด้วย ช่างไม้ ช่างเหล็ก ช่างปูน ช่างเชื่อม และคนงาน

งานเหมาโครงหลังคา แรงงานกลุ่มนี้มีหน้าที่ในการทำโครงหลังคาของอาคาร ซึ่งจะต้องตัด ประกอบและเชื่อมเหล็กเพื่อทำโครงหลังคา นับว่าเป็นโครงสร้างส่วนที่สำคัญของบ้านอีกส่วนหนึ่งเพราะ โครงหลังคาจะทำหน้าที่คอยรองรับวัสดุมุงหลังคาให้แก่ตัวบ้านและคอยยึดโครงเคร่างานฝ้าเพดาน ซึ่งแรงงานกลุ่มนี้จะประกอบไปด้วย ช่างเชื่อม และคนงานทั่วไป

งานเหมามุงหลังคา แรงงานกลุ่มนี้มีหน้าที่ในการมุงหลังคาของบ้านพักอาศัยในแต่ละหลัง ซึ่งถือได้ว่าเป็นงานที่มีความสำคัญจึงต้องใช้ช่างที่มีประสบการณ์ในการทำงาน ซึ่งประกอบไปด้วย ช่างมุงหลังคาและคนงานทั่วไปที่ช่วยในการส่งวัสดุในขณะมุงหลังคา

งานเหมาก่อฉาบ แรงงานกลุ่มนี้มีหน้าที่ในการก่อ ฉาบผนัง และฉาบโครงสร้างอาคาร เพื่อให้เกิดความเรียบร้อยและสวยงาม ซึ่งจะประกอบไปด้วย ช่างก่ออิฐ ฉาบปูน และคนงานทั่วไป

งานเหมาระบบประปา แรงงานกลุ่มนี้จะมีหน้าที่ในการทำงานระบบประปาทั้งภายใน และภายนอกอาคาร โดยจะเริ่มจัดเตรียมพื้นที่การเดินท่อทั้งแนวนอนและแนวตั้ง รวมถึงระยะลาดเอียงต่าง ๆ งานเดินท่อประปา ติดตั้งมิเตอร์น้ำ ติดตั้งฉนวนในระบบท่อที่จำเป็น เช่น ท่อน้ำเย็นเพื่อลดความเสียหายจากการรั่วซึม ออกแบบระบบแวน และรายละเอียดอื่น ๆ ตามมาตรฐานอุปกรณ์

ต่าง ๆ ซึ่งประกอบไปด้วย ช่างประปา และคนงานทั่วไป

งานเหมาไฟฟ้า แรงงานกลุ่มนี้มีหน้าที่ในการเดินระบบไฟฟ้าภายในและภายนอกอาคาร ทั้งหมด เช่น งานเดินสายไฟ ติดตั้งโคมไฟ ติดตั้งปลั๊กไฟ ติดตั้งสวิตช์ไฟ ติดตั้งตู้ควบคุมไฟ เป็นต้น ซึ่งประกอบไปด้วยช่างไฟ และคนงานทั่วไปเพื่อช่วยในการทำงาน

งานเหมาฝ้าเพดาน แรงงานกลุ่มนี้มีหน้าที่ในการทำงานฝ้าเพดานทั้งภายในและภายนอกอาคาร เช่น ทำโครงเคร่า งานติดตั้ง งานฉาบฝ้า และงานสี เป็นต้น ซึ่งประกอบไปด้วย ช่างทำฝ้า และคนงานทั่วไป

งานเหมาปูพื้น แรงงานกลุ่มนี้มีหน้าที่ปูพื้นในบ้านพักอาศัยในแต่ละหลัง ซึ่งจะมีลักษณะผิวพื้นที่แตกต่างกัน เช่น พื้นปูกระเบื้อง ปาเก้ เป็นต้น โดยมีแรงงานประกอบด้วย ช่างปูพื้น และคนงานทั่วไปที่ช่วยในการทำงาน

งานเหมาประตูหน้าต่าง แรงงานกลุ่มนี้จะมีหน้าที่ติดตั้งวงกบประตูหน้าต่าง เป็นส่วนที่เชื่อมต่อระหว่างผนังของตัวบ้านกับบานประตูและหน้าต่างพร้อมติดตั้งอุปกรณ์ครบชุด โดยมีแรงงานประกอบด้วย ช่างประกอบประตู หน้าต่าง ซึ่งบางครั้งก็เรียกตามลักษณะของวัสดุที่ใช้ทำ เช่น ช่างอลูมิเนียม เป็นต้น

งานเหมาทาสี แรงงานกลุ่มนี้มีหน้าที่ทาสีของอาคารทั้งหมด ซึ่งจะเริ่มจากการทำความสะอาดอาคาร งานทาสีรองพื้น ทาสีจริงรวมถึงการเก็บความเรียบร้อยของงานสีทั้งภายในและภายนอกอาคารจนงานแล้วเสร็จ ซึ่งมีแรงงานประกอบไปด้วยช่างทาสีและคนงานทั่วไป

งานเหมาติดตั้งสุขภัณฑ์ แรงงานกลุ่มนี้มีหน้าที่ในการติดตั้งระบบสุขภัณฑ์ทั้งภายในอาคาร ทั้งหมด เช่น การติดตั้งอ่างล้างหน้า ชักโครก เป็นต้น ซึ่งมีแรงงาน ได้แก่ ช่างสุขภัณฑ์

งานเหมาระบบสุขาภิบาล แรงงานกลุ่มนี้มีหน้าที่ทำงานเกี่ยวกับระบบสุขาภิบาลทั้งหมดของอาคาร เช่น ระบายน้ำโสโครก น้ำเสียและระบบบำบัดน้ำ ซึ่งแรงงานประกอบไปด้วย ช่างสุขาภิบาล

ลักษณะงานในแต่ละหมวดงานนั้นมีความหนักเบาของภาระงานที่แตกต่างกัน ทำให้ความเครียดจากการทำงานในแต่ละหมวดงานมีความแตกต่างกันไปด้วย

2.1.1 งานปูนในการก่อสร้าง

งานปูนในการก่อสร้าง หมายถึง งานที่ต้องใช้ปูนซีเมนต์ในการ ก่อ ฉาบ หล่อ งานปูนส่วนใหญ่อยู่ในงานโครงสร้างจำเป็นต้องใช้ปูนซีเมนต์ในการหล่อตอม่อ หล่อเสา หรือเทคาน ในการหล่อตอม่อ หล่อเสา หรือเทคานจะใช้ปูนซีเมนต์ หิน ทราย น้ำ ผสมกัน เรียกว่า คอนกรีต ซึ่งงานดังกล่าวยังต้องใช้แรงงานในการยกหรือเคลื่อนย้ายคอนกรีต โดยแบ่งกลุ่มแรงงานที่ใช้แรงในการยกหรือเคลื่อนย้ายคอนกรีตออกเป็น 3 กลุ่ม คือ 1) คนตักคอนกรีต 2) คนส่งคอนกรีต และ 3) คนเทคอนกรีต

ขั้นตอนการทำงานของแรงงานแต่ละกลุ่มเป็นดังนี้

คนตักคอนกรีต

- ผู้ใช้แรงงานก้มและบิดลำตัวเพื่อหยิบถังที่ใช้ในการตักปูน ซึ่งอยู่ข้างลำตัว และอยู่คนละฝั่งของกระเบบบรรจุคอนกรีต
- ผู้ใช้แรงงานก้มและบิดลำตัวเพื่อมาตักคอนกรีตในกระเบบบรรจุคอนกรีต
- ผู้ใช้แรงงานก้มและบิดลำตัวเพื่อเทคอนกรีตลงในถังที่จะบรรจุคอนกรีต (อยู่ในตำแหน่งเดียวกับขั้นตอนหยิบถัง)

คนส่งคอนกรีต

- ผู้ใช้แรงงานก้มและบิดลำตัวเพื่อหยิบถังคอนกรีตที่ใส่คอนกรีตไว้แล้ว
- ผู้ใช้แรงงานบิดลำตัวพร้อมกับยกถังคอนกรีตและใช้การเหวี่ยงเพื่อส่งต่อถังคอนกรีตให้คนงานส่งคอนกรีตคนต่อไป หรือคนเทคอนกรีต (หลังตรงทำงานมือเดียว)

คนเทคอนกรีต

- ผู้ใช้แรงงานบิดลำตัวเพื่อรับคอนกรีตจากคนส่งคอนกรีต
- ผู้ใช้แรงงานบิดลำตัวและก้มเพื่อเทคอนกรีตไปยังเป้าหมาย

2.2 การบาดเจ็บในการทำงาน

สาเหตุของการเกิดอุบัติเหตุ คือการนำเอาเทคโนโลยี อุปกรณ์ เครื่องมือ เครื่องจักรอันทันสมัยมาใช้เพื่อทุ่นแรง และประหยัดเวลา ความปลอดภัยในการก่อสร้างไม่ได้มีวิวัฒนาการตามเทคโนโลยีที่ทันสมัย แล้วความปลอดภัยพื้นฐานในงานก่อสร้างยังถูกละเลย ขาดความสนใจ และเอาใจใส่จากผู้รับเหมาและผู้เกี่ยวข้องต่าง ๆ อย่างจริงจัง รวมทั้งคนงานยังขาดความรู้ความเข้าใจ และจิตสำนึกความปลอดภัยในการปฏิบัติงานอย่างถูกต้องเหมาะสมจึงส่งผลให้เกิดอุบัติเหตุและโศกนาฏกรรมขึ้น (สำนักความปลอดภัยแรงงาน, 2554)

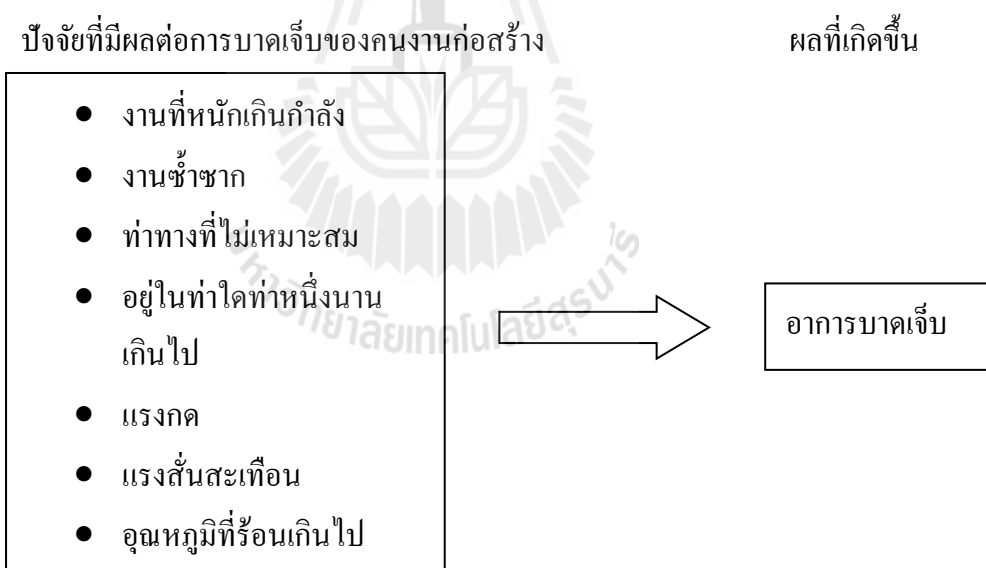
การใช้แรงของร่างกายในการทำกิจกรรมหนึ่ง ๆ อาจนำไปสู่การบาดเจ็บหรือเจ็บปวดของร่างกายที่เกี่ยวข้องกับปัญหาทางด้านระบบกล้ามเนื้อและกระดูก (Musculoskeletal System) ซึ่งจะเกิดได้ 2 ลักษณะใหญ่ ๆ คือ การบาดเจ็บแบบทันที (Acute Trauma) และการบาดเจ็บแบบสะสม (Cumulative Trauma) (นิริศ เจริญพร, 2543)

1. การบาดเจ็บแบบทันที เกิดจากการทำงานที่ส่งผลให้เกิดแรงที่มีขนาดมากกระทำต่ออวัยวะของร่างกายเพียงครั้งเดียวแล้วทำให้เกิดการบาดเจ็บได้ทันที โดยแรงที่กระทำกับอวัยวะนั้นมีค่าสูงเกินกว่าขีดจำกัดความทนทานของอวัยวะนั้น สถานการณ์ที่ทำให้เกิด

ภาวการณ์บาดเจ็บแบบทันที เช่น เมื่อพนักงานต้องยกของที่มีน้ำหนักมาก ๆ จนทำให้เกิดแรงกระทำต่ออวัยวะภายในร่างกาย เช่น หมอนรองกระดูกสันหลังเกิดการฉีกขาด (Intervertebral Disk Rapture) นอกจากนั้นอาจจะพบได้ในกรณีที่มีการถูกกระแทกหรือชนจากวัตถุขนาดใหญ่ การตกจากที่สูงซึ่งทำให้เกิดแรงกระแทกต่ออวัยวะต่าง ๆ อย่างแรง เป็นต้น

2. การบาดเจ็บแบบสะสม ในทางกลศาสตร์หมายถึงการสึกหรอและเสียหายของวัสดุที่เกิดจากการรับแรงที่กระทำซ้ำ ๆ อย่างต่อเนื่อง สำหรับสภาวะการทำงานของร่างกายที่เกิดจากเคลื่อนไหวหรือใช้แรงซ้ำ ๆ แม้ว่าขนาดของแรงกระทำต่ออวัยวะจะไม่มากและไม่เกินขีดจำกัดความทนทานแต่ก็อาจนำไปสู่การบาดเจ็บได้เช่นกัน

การบาดเจ็บทั้ง 2 แบบนี้ สามารถป้องกันได้ด้วยการลดปัจจัยเสี่ยงต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับการทำงาน 7 ประการดังแสดงในรูปที่ 2.1 (วรรณะ ชลาชนเดชะ, 2548) คือ 1) งานที่หนักเกินกำลัง 2) งานซ้ำซาก 3) ท่าทางที่ไม่เหมาะสม 4) อยู่ในท่าใดท่าหนึ่งนานเกินไป 5) แรงกด 6) แรงสั่นสะเทือน และ 7) อุณหภูมิที่ร้อนเกินไป



รูปที่ 2.1 ปัจจัยที่มีผลต่อการบาดเจ็บของคนงานก่อสร้าง (วรรณะ ชลาชนเดชะ, 2548)

2.3 การทำงานในสภาพร้อน

ความร้อนจากสภาพแวดล้อมมีผลต่อร่างกายมากเช่นกัน แหล่งกำเนิดความร้อนในสภาพแวดล้อมที่สำคัญแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ 1) ดวงอาทิตย์ ถือว่าเป็นแหล่งกำเนิดความร้อน

ร้อนที่ใหญ่ที่สุดที่โลกได้รับ กลุ่มบุคคลที่ต้องสัมผัสกับความร้อนจากดวงอาทิตย์เป็นประจำคือ กลุ่มคนที่ต้องทำงานหนักกลางแจ้ง เช่น กรรมกร ชาวนา ชาวไร่ และ 2) ความร้อนจาก กระบวนการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรม มักเกิดจากเตาหลอม เตาเผา เตาอบ หม้อไอน้ำ และ แรงดันน้ำในกระบวนการผลิตต่าง ๆ เพื่อให้ทราบถึงระดับความรุนแรงของอันตรายจากความร้อน และแนวทางการแก้ไขที่เหมาะสม จึงมีการประเมินระดับความร้อนในสภาพแวดล้อมซึ่งสามารถ ทำได้ 2 ทาง คือ 1) การวัดโดยการวิเคราะห์สภาพแวดล้อมในรูปดัชนีความเค้นของความร้อน (Heat Stress Index) ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ที่ต้นเหตุ ได้แก่ ดัชนีความร้อน (Heat Stress Index; HSI) ดัชนีกระเปาะเปียกและลูกกลมดำ (Wet Bulb Globe Temperature; WBGT) ดัชนีความสบาย (Effective Temperature; ET) และ 2) การวิเคราะห์ทางสรีรวิทยาของมนุษย์ที่เปลี่ยนแปลงไป ด้วยการวิเคราะห์ในรูปของดัชนีที่เรียกว่า ดัชนีความเครียดแห่งความร้อน (Heat Strain Index) ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ที่ผล (output) ได้แก่ อุณหภูมิที่ผิวหนังและอุณหภูมิในร่างกาย อัตราการสูญเสียเหงื่อ อัตราการเต้นของหัวใจ อัตราการใช้ออกซิเจน (จิรนนท์ จะเกรียง, 2553)

อาการจากการสัมผัสพลังงานความร้อน จำแนกตามลำดับความรุนแรงจากน้อยไปมากได้ ดังนี้

1. อาการเพลียร้อน (Heat Exhaustion) ได้แก่ อาการอึดอัดไม่สบาย เป็นผลกระทบ สุขภาพที่เกิดจากการทำงานในสภาพแวดล้อมที่มีความร้อนสูงปานกลางเป็นเวลานาน โดยจะมีอาการอึดอัด กระสับกระส่าย อ่อนเพลีย และไม่มีสมาธิในการทำงาน
2. เม็ดผด (Skin Disorder) พบบ่อยในผู้ที่ทำงานในสภาพแวดล้อมที่ร้อนและมีความชื้น สูง เมื่อเหงื่อออกเป็นเวลานานจะมีปริมาณเกลือเข้มข้นสูง ซึ่งจะทำให้เกิดอาการบวม อักเสบของผิวหนัง
3. ตะคริวร้อน (Heat Cramp) เป็นผลจากการขาดโซเดียมเนื่องจากการชดเชยการ สูญเสียเหงื่อโดยการดื่มน้ำที่ไม่มีเกลือแร่ผสม อาการเริ่มจากการปวดและการค่อย ๆ หดตัวของกล้ามเนื้อ จนมีการเกร็งอย่างรุนแรงนาน 1-3 นาที กล้ามเนื้อที่เป็นตะคริว ส่วนใหญ่จะเป็นกล้ามเนื้อที่ถูกใช้งานนานที่สุด
4. โรคลมร้อน (Heat Syncope) เกิดจากการขยายตัวของหลอดเลือดบริเวณผิวหนัง ทำให้ ปริมาณเลือดในระบบการไหลเวียนเลือดไม่เพียงพอที่จะไปหล่อเลี้ยงสมองและระบบ อื่น ๆ ของร่างกาย ทำให้เกิดการหมดสติอย่างฉับพลัน
5. โรคลมเหตุร้อน (Heat Stroke) เป็นภาวะฉุกเฉินทางการแพทย์ที่ต้องแก้ไขอย่าง เร่งด่วนเนื่องจากมีอันตรายถึงชีวิต เกิดขึ้นจากศูนย์ควบคุมอุณหภูมิร่างกายในสมอง สูญเสียการทำงานเนื่องจากถูกทำลาย

ความเคยชินกับความร้อน (Heat Acclimatization) คือ การปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมที่มีความร้อน ในระยะแรกที่ร่างกายยังไม่สามารถปรับตัวได้สามารถตรวจพบได้ว่า อุณหภูมิแกนเพิ่มขึ้น ชีพจรเต้นเร็ว มีอาการอ่อนเพลีย หลังจากนั้นประมาณ 1-2 สัปดาห์ร่างกายเริ่มสามารถปรับตัวได้และปรับตัวได้เต็มที่ใน 4-6 สัปดาห์ หลังจากร่างกายสามารถปรับตัวได้เต็มที่แล้วการเปลี่ยนแปลงที่พบคือ อุณหภูมิแกนลดลง ชีพจรเต้นช้าลง เลือดไปเลี้ยงที่ผิวหนังเพิ่มมากขึ้น และมีการหลั่งเหงื่อเพิ่มขึ้นเพื่อระบายความร้อน (ปณิกัญ เอื้อวิทยา, 2547) การเกิดความเคยชินกับความร้อน อาจทำให้ผู้ที่ทำงานในสภาพแวดล้อมที่มีความร้อนเป็นประจำสามารถที่จะมีการปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมที่มีความร้อนได้ ส่งผลให้อัตราการเต้นของหัวใจไม่สูงพอที่จะทำให้เกิดอันตราย สามารถทำงานในที่ร้อนได้ในระยะเวลาที่ยาวนานกว่าปกติหรือสามารถทำงานในอุณหภูมิที่สูงเกินกว่ามาตรฐานกำหนดได้

2.4 คุณลักษณะทางสรีระ (Physiological Characteristics)

คุณลักษณะทางสรีระของร่างกายเป็นข้อมูลทางการยศาสตร์ที่จะช่วยให้ผู้เกี่ยวข้องในงานทางการยศาสตร์เกิดความเข้าใจลักษณะของร่างกายมนุษย์ได้ดีขึ้น คุณลักษณะทางสรีระสามารถแบ่งแยกออกได้เป็น 2 ส่วน คือ

1. ระบบการทำงานและหน้าที่ของอวัยวะต่าง ๆ ในร่างกาย (Functional Characteristics) เช่น การทำงานของกล้ามเนื้อ การหายใจ การไหลเวียนของเลือด เป็นต้น
2. ความสามารถและขีดจำกัดในการรับภาระงาน (Load Characteristics) หมายถึง การศึกษาเพื่อหาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับความแข็งแรงของร่างกายว่ามีมากน้อยขนาดไหน การศึกษาคุณลักษณะทางสรีระที่มีประโยชน์ต่อการออกแบบทางการยศาสตร์ เช่น การวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อโดยประเมินจากแรงดึงหรือผลัดของร่างกายเมื่ออยู่ในท่าทางต่าง ๆ กัน การวัดความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดของร่างกาย หรืออัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดที่ร่างกายทนได้ (นริศ เจริญพร, 2543)

2.5 การประเมินภาระงาน

การประเมินลักษณะท่าทางในการทำงานเป็นสิ่งสำคัญในการชี้วัดความรุนแรงหรือความเสี่ยง อันเป็นที่มาของการหาแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขลักษณะท่าทางในการทำงาน เทคนิคที่ใช้ในการประเมินท่าทางการทำงานนั้นมีอยู่หลายชนิด โดยแต่ละวิธีก็มีการประเมินในรูปแบบที่แตกต่างกัน เช่น วิธี OWAS ใช้ในการประเมินซึ่งพิจารณาท่าทางของหลัง แขน ขา และแรงที่ต้องใช้ในการทำงาน ส่วนวิธี RULA เป็นวิธีที่ใช้ในการประเมินท่าทาง แรงที่กระทำและการใช้

กล้ามเนื้อที่ก่อให้เกิด Upper Limb Disorders (ULD) ในขณะที่ Strain Index ใช้ในการประเมินที่เกี่ยวกับการออกแรงมาก ๆ ในการทำงาน เป็นต้น (นิวิท เจริญใจ, 2550)

2.5.1 Strain Index (SI)

เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บของร่างกายส่วนบน อันได้แก่ แขนและข้อมือว่ามีความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บในการทำงานมากน้อยเพียงใด ถูกพัฒนาขึ้นในปี ค.ศ.1995 จาก J.Steven Moore และ Artun Garh โดยทำการวิเคราะห์ปัจจัยที่ทำให้เสี่ยงต่อการเกิดการบาดเจ็บ ทั้งหมด 6 ปัจจัย คือ 1. ระดับของการออกแรง (Intensity of Exertion) 2. ระยะเวลาในการออกแรง (Duration of Exertion) 3. ความพยายามในการออกแรงต่อนาที (Efforts per Minute) 4. ท่าทางของมือและข้อมือ (Hand/Wrist Posture) 5. ความเร็วของงาน (Speed of Exertion) และ 6. ระยะเวลาการทำงาน (Duration of Task per Day) จากนั้นนำคะแนนการประเมินแต่ละส่วนไปเปิดตารางและคำนวณหาค่า Strain Index Score เพื่อแสดงถึงระดับความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บที่จะเกิดขึ้นในงานนั้น ๆ

2.5.2 Ovako Working Posture Analysis System (OWAS)

การประเมินท่าทางการทำงาน Ovako Working Posture Analysis System ได้ถูกพัฒนาขึ้นโดยความร่วมมือระหว่าง Ovako Oy Steel Company และ Finish Institute of Occupational Health ในปี ค.ศ. 1973 โดยแบ่งการประเมินออกเป็น 4 ส่วน คือ หลัง แขน ขา และการออกแรงยก ซึ่ง OWAS ซึ่งจะพิจารณาท่าทางของหลัง แบ่งเป็น 4 ระดับ ท่าทางของแขน แบ่งเป็น 3 ระดับ ท่าทางของขาแบ่งเป็น 7 ระดับ และคะแนนการออกแรงการยกแบ่งเป็น 3 ระดับ ซึ่งคะแนนที่ได้จากประเมินทุกส่วนเมื่อนำมาเปิดตารางประเมินคะแนนรวมจะได้คะแนนบ่งบอกความเร่งด่วนในการแก้ไขวิธีการทำงานดังนี้ คือ คะแนนเท่ากับ 1 แสดงว่าไม่ต้องแก้ไขวิธีการทำงาน คะแนนเท่ากับ 2 แสดงว่าควรมีการแก้ไขวิธีการทำงานในเร็ว ๆ นี้ คะแนนเท่ากับ 3 แสดงว่าควรมีการแก้ไขวิธีการทำงานให้เร็วที่สุดเท่าที่จะทำได้ คะแนนเท่ากับ 4 แสดงว่าควรแก้ไขวิธีการทำงานทันที

2.5.3 Rapid Entire Body Assessment (REBA)

REBA เป็นวิธีการที่ออกแบบขึ้นมาเพื่อประเมิน ท่าทางการทำงานทั้งร่างกาย ทั้งในรูปแบบการทำงานที่เคลื่อนที่และหยุดนิ่ง ซึ่ง Hignett และ McAtamney ได้ทำการคิดค้นเพื่อใช้ในการบอกท่าทางของส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย ได้แก่ คอ หลัง ขา แขนส่วนบน แขนส่วนล่าง มือ นอกจากนี้ยังคำนึงถึงการเปลี่ยนแปลงท่าทางอย่างรวดเร็ว การมีขั้นตอนการทำงานที่ไม่คงที่ งานที่มีการถือหรือไม่ถือของในมือขณะที่กำลังทำงาน วิธีนี้แบ่งส่วนต่าง ๆ ของร่างกายออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่ม A ได้แก่ คอ หลัง และขา กลุ่ม B ได้แก่ แขนส่วนบน แขนส่วนล่าง และข้อมือ ซึ่งเมื่อนำโค้ดของท่าทางในแต่ละกลุ่มไปเปิดตารางของกลุ่มนั้น ๆ ก็จะสามารถได้คะแนนในแต่ละกลุ่ม แล้ว

นำไปรวมกับคะแนนที่ได้จากปัจจัยเสริมของแต่ละกลุ่ม หลังจากนั้นจึงนำคะแนนของแต่ละกลุ่มไปเปิดตารางคะแนนรวม และบวกกับคะแนนในการเคลื่อนไหวขณะทำงาน คะแนนรวมที่ได้จะมีค่าระหว่าง 1-15 ซึ่งบ่งบอกถึงระดับความเสี่ยงในท่าทางในการทำงานนั้น ๆ (Hignett และ McAtamney, 2000)

2.5.4 การประเมินจากความรู้สึกเหนื่อยจากการออกแรง

Gunnar Borg (1982) ได้สร้างแบบประเมินด้วยจิตพิสัยเพื่อสอบถามความรู้สึกเหนื่อยจากการออกแรงอันบ่งบอกถึงความหนักเบาของภาระงาน โดยแบบสอบถามมีสเกลคะแนนอยู่ในช่วง 6-20 ตามการรับรู้ภาระงาน (Rating of Perceived Exertion Scale, RPE) ซึ่งสเกลระดับคะแนนระหว่าง 6-9 หมายถึง งานเบา-เบามาก ช่วงคะแนนระหว่าง 10-13 หมายถึง งานค่อนข้างหนัก ช่วงคะแนนระหว่าง 14-20 หมายถึง งานหนัก-หนักมาก แบบประเมินนี้มีชื่อเรียกว่า Borg Scale ต่อมาในปี 1986 American College of Sport Medicine ได้ทำการปรับสเกลระดับคะแนนการรับรู้ภาระงานให้อยู่ในช่วง 0-10 โดยคะแนน 0 หมายถึง ไม่รู้สึกหนัก ในขณะที่คะแนน 10 หมายถึง หนักมาก ๆ (เกือบมากที่สุด) ซึ่งแบบประเมินที่ถูกปรับใหม่นี้ เรียกว่า Modified Borg Scale ดังแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 การเปรียบเทียบสเกลระดับคะแนนการรับรู้ภาระงานของเดิมและการปรับใหม่ของ Borg (Powers and Howley, 1994)

สเกลระดับคะแนนของเดิม	สเกลระดับคะแนนปรับใหม่
6 สบาย	0 ไม่รู้สึกหนัก
7 เบาสุด	0.5 เบามาก ๆ
8	1 เบามาก
9 เบามาก	2 เบา
10	3 ปานกลาง
11	4 ค่อนข้างหนัก
12	5 หนัก
13 ค่อนข้างหนัก	6
14	7 หนักมาก
15 หนัก	8
16	9
17 หนักมาก	10 หนักมาก ๆ (เกือบมากที่สุด)
18	
19 หนักมากที่สุด	
20	

2.5.5 หลักการวิเคราะห์ภาระงานของกล้ามเนื้อด้วยคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (Electromyography, EMG)

การวิเคราะห์ภาระงานของกล้ามเนื้อที่นิยมใช้ มี 2 วิธีการ วิธีการแรกคือ การเปรียบเทียบกับค่าศักย์ทางไฟฟ้าโดยสามารถวัดได้จากเครื่องวัดไฟฟ้ากล้ามเนื้อในขณะที่กล้ามเนื้อหดตัวสูงสุด (Maximal Voluntary Contraction, MVC) เป็นค่าที่ได้จากการทดสอบภายใต้เงื่อนไขการออกแรงของกล้ามเนื้อในท่าใดท่าหนึ่ง ที่จะให้เกิดการหดตัวของกล้ามเนื้อในส่วนที่สนใจมากที่สุด หลังจากนั้นค่าของ MVC ก็จะถูกใช้ในการเปรียบเทียบกับการทำงานในภาวะต่าง ๆ เพื่อวิเคราะห์หาเกณฑ์ที่เหมาะสมของการทำงานเพื่อไม่ให้เกิดอาการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อ อีกวิธีการหนึ่งคือ การเปรียบเทียบขนาดสัญญาณและความถี่ของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อที่วัดได้ในภาวะต่าง ๆ กัน ซึ่งเมื่อกำลังกล้ามเนื้อมีความล้าจะส่งผลให้ขนาดของสัญญาณมีค่ามากขึ้นในขณะที่ความถี่ของสัญญาณจะมีค่าลดลง (นริศ เจริญพร, 2543)

เครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับการตรวจคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ ประกอบด้วย ตัวเครื่องและอิเล็กโทรดบันทึกสัญญาณเข้า ตัวเครื่องมักมีอุปกรณ์หรือวงจรไฟฟ้าที่ทำหน้าที่กรองขยายสัญญาณ และส่วนแสดงผล อิเล็กโทรดหรือขั้วไฟฟ้าที่ใช้สำหรับตรวจวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ นั้นแบ่งเป็นสองชนิด คือ ขั้วไฟฟ้าสำหรับกระตุ้น และขั้วไฟฟ้าสำหรับบันทึกสัญญาณไฟฟ้า อิเล็กโทรดสำหรับบันทึกสัญญาณไฟฟ้านั้น แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ อิเล็กโทรดแบบเข็ม (Needle Electrode) มักใช้แทงเข้าไปในกล้ามเนื้อเพื่อบันทึกสัญญาณศักย์ไฟฟ้าที่ใยกล้ามเนื้อโดยตรงใช้สำหรับวินิจฉัยโรคทางคลินิก และอิเล็กโทรดแบบวางที่ผิวหนัง (Surface Electrode) เป็นแผ่นขั้วไฟฟ้าที่วางบนผิวหนังบริเวณที่วัด มักนิยมใช้บันทึกสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อเพื่อแสดงถึงความหนักเบาของการหดตัวของกล้ามเนื้อ (สมชาย รัตนทองคำ, 2554)

2.5.6 อัตราการเต้นของหัวใจ (Heart Rate)

เมื่อร่างกายใช้พลังงานมากขึ้นอัตราการเต้นหัวใจจะเพิ่มสูง เพราะเมื่อมีการใช้พลังงานมากขึ้นร่างกายก็จะมีความต้องการใช้ออกซิเจนมากขึ้น ระบบการหายใจและระบบเลือดต้องทำงานหนักขึ้นเพื่อป้อนออกซิเจนให้แก่ร่างกายเกิดขึ้นอย่างเพียงพอ Brouha (1967) ได้ทำการศึกษารายละเอียดและระยะเวลาของอัตราการเต้นของหัวใจ เพื่อเป็นดัชนีในการบอกถึงค่าภาระงาน โดยได้แนะนำว่า ภาระงานควรมีค่าอัตราการเต้นของหัวใจหลังจากพักค่าแรก (หลังจากหยุดงาน 30-60 วินาที) ไม่เกิน 110 ครั้งต่อนาที และค่าอัตราการเต้นของหัวใจในครั้งที่ 1 (หลังจากหยุดงาน 30-60 วินาที) และ 3 (หลังจากหยุดงาน 150-180 วินาที) ควรห่างกันอย่างน้อย 10 ครั้งต่อนาที การปรับตัวที่สำคัญเมื่อมีภาระทางร่างกายสูงขึ้น มีดังนี้ (นริศ เจริญพร, 2543)

1. การหายใจเร็วขึ้นและลึกมาก
2. อัตราการหายใจเพิ่มขึ้น
3. การขยายตัวของเส้นเลือดในกล้ามเนื้อหัวใจ ในขณะที่ส่วนอื่นเกิดการหดตัว
4. การเพิ่มขึ้นของแรงดันเลือด
5. การเพิ่มปริมาณน้ำตาลในเลือด

2.6 ท่าทางการทำงาน (Work Posture)

โดยปกติในขณะที่ทำงานนั้นร่างกายของคนทำงานจำเป็นต้องอยู่ในลักษณะที่มั่นคง มีเสถียรภาพและสบายตัวพอสมควร โดยเฉพาะอย่างยิ่งในขณะที่ออกแรงทางกายภาพ ท่าทางการทำงานที่ไม่เหมาะสมและไม่อยู่ในสมดุลจะส่งผลกระทบต่อความเมื่อยล้า ความไม่สะดวกสบาย ความเจ็บปวดของส่วนร่างกาย และความผิดปกติต่าง ๆ เช่น ความเค้นที่กล้ามเนื้อ คอ แร้งกด ที่ข้อต่อ การปวดหลังส่วนล่าง การเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อ การปวดกระดูกสันหลัง ส่วนต้นคอ เอ็นอักเสบ ฯลฯ การวิเคราะห์ท่าทางการทำงาน (Work Posture Analysis) มีส่วนช่วยในการวางแผนสำหรับการประเมินความเค้นในร่างกาย และอัตราการบาดเจ็บที่เกิดจากท่าทางการทำงาน จุดมุ่งหมายที่สำคัญที่สุดของการวิเคราะห์ท่าทางการเคลื่อนไหวทำงานนั้นก็เพื่อที่จะปรับปรุงสภาพงาน สภาพสถานที่ทำงานเพื่อลดหรือปรับให้ความเค้นและความเครียดอันเกิดมาจากท่าทางการทำงานนั้นอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ (สุทธิ ศรีบูรพา, 2540)

2.7 ภาระจากการขนย้ายสิ่งของ (Handling Loads)

การขนย้ายสิ่งของสามารถก่อให้เกิดความเครียดทั้งในระบบการไหลเวียนของเลือด และระบบกล้ามเนื้อโครงร่าง ซึ่งระบบการไหลเวียนของเลือดมีความสัมพันธ์กับปริมาณการใช้ ออกซิเจน และอัตราการเต้นของหัวใจ ปัญหาที่สำคัญในการทำงานขนย้ายสิ่งของคือการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อโครงร่าง บริเวณที่เกิดการบาดเจ็บในการขนย้ายมากที่สุดคือ บริเวณหลังส่วนล่าง ซึ่งเกี่ยวข้องกับกระดูกสันหลัง L5-S1 และหมอนรองกระดูก ปัญหาของหลังทำให้เกิดการเจ็บปวด และลดความสามารถในการเคลื่อนไหวและใช้งาน ซึ่งนำไปสู่การขาดงาน มักพบในอาชีพ กรรมกร เกษตรกร คนงานท่าเรือ พยาบาล อื่น ๆ (นริศ เจริญพร, 2543)

2.8 การออกแบบและวิเคราะห์การทดลอง (Design and Analysis of Experiment)

2.8.1 หลักการพื้นฐาน

หลักการพื้นฐานในการออกแบบการทดลอง มี 3 ประการ คือ 1. การสุ่ม (Randomization) 2. การทำซ้ำ (Replication) 3. การบล็อก (Blocking) (ปารเมศ ชูติมา, 2545)

- 1 การสุ่ม (Randomization) หมายถึง การทดลองที่มีทั้งวัสดุที่ใช้ในการทดลอง และลำดับของการทดลองแต่ละครั้งเป็นแบบสุ่ม (Random) วิธีการเชิงสถิติ กำหนดว่าข้อมูล จะต้องเป็นตัวแปรแบบสุ่มที่มีการกระจายแบบอิสระ
- 2 การทำซ้ำ (Replication) หมายถึง การทำการทดลองซ้ำ โดยการซ้ำมี คุณสมบัติ 2 ประการคือ ประการแรกการทำซ้ำทำให้ผู้ทดลองสามารถหาค่าประมาณของความผิดพลาดในการทดลองได้ ประการที่สองคือ ถ้าค่าเฉลี่ย ถูกนำมาใช้เพื่อประมาณผลที่เกิดจากปัจจัยหนึ่งในการทดลอง ดังนั้นการทำซ้ำ ๆ ทำให้ผู้ทดลองสามารถหาตัวประมาณที่ถูกต้องยิ่งขึ้นในการประมาณผลกระทบนี้
- 3 การบล็อก (Blocking) เป็นเทคนิคที่ใช้สำหรับเพิ่มความเที่ยงตรง (Precision) ให้แก่การทดลอง

2.8.2 การทดสอบสมมติฐาน (Test of Hypothesis)

สมมติฐาน คือ คำตอบที่ผู้วิจัยคาดคะเนไว้ล่วงหน้าอย่างมีเหตุผล หรือสมมติฐาน คือข้อความที่อยู่ในรูปของการคาดคะเนความเกี่ยวข้องระหว่างตัวแปร 2 ตัว หรือมากกว่า 2 ตัวเพื่อใช้ตอบปัญหาที่ต้องการศึกษา สมมติฐานที่ดีมีหลักเกณฑ์ที่สำคัญ 2 ประการ คือ

- 1) เป็นข้อความที่กล่าวถึงความเกี่ยวข้องระหว่างตัวแปร
- 2) เป็นสมมติฐานที่สามารถทดสอบได้โดยใช้วิธีทางสถิติ

สมมติฐาน มี 2 ประเภท คือ

1. สมมติฐานทางการวิจัย (Research Hypothesis) เป็นคำตอบที่เป็นการคาดคะเนผลการวิจัยไว้ล่วงหน้า และเป็นข้อความที่แสดงความเกี่ยวข้องระหว่างตัวแปรอย่างน้อย 2 ตัว

สมมติฐานทางการวิจัยมี 2 ชนิด คือ

- ก. สมมติฐานทางการวิจัยแบบมีทิศทาง (Directional Hypothesis) เป็นสมมติฐานที่เขียนระบุอย่างชัดเจนถึงทิศทางของความแตกต่างระหว่างกลุ่ม โดยมีคำว่า “ดีกว่า” หรือ “สูงกว่า” หรือ “ต่ำกว่า” หรือ “น้อยกว่า” ในสมมติฐานนั้น ๆ

- ข. สมมติฐานทางการวิจัยแบบไม่มีทิศทาง (Nondirectional Hypothesis) เป็นสมมติฐานที่ไม่มีกำหนดทิศทางของความแตกต่าง หรือไม่กำหนดทิศทางของความสัมพันธ์
2. สมมติฐานทางสถิติ (Statistical Hypothesis) เป็นสมมติฐานที่ตั้งขึ้นเพื่อใช้ทดสอบว่าสมมติฐานทางการวิจัยที่ผู้วิจัยตั้งขึ้นไว้เป็นจริงหรือไม่ เป็นสมมติฐานที่อยู่ในรูปแบบของโครงสร้างทางคณิตศาสตร์ เพื่อให้อยู่ในรูปที่สามารถทดสอบได้ด้วยวิธีการทางสถิติ

สมมติฐานทางสถิติมี 2 ชนิด คือ

- ก. สมมติฐานที่เป็นกลางหรือสมมติฐานไร้นัยสำคัญ (Null Hypothesis) สัญลักษณ์ที่ใช้ คือ H_0 เป็นสมมติฐานที่แสดงให้เห็นว่าไม่มีความแตกต่างระหว่างกลุ่มหรือไม่มีความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร
- ข. สมมติฐานทางเลือก (Alternative Hypothesis) สัญลักษณ์ที่ใช้ คือ H_1 เป็นสมมติฐานที่แสดงให้เห็นว่ามีความแตกต่างระหว่างกลุ่มหรือมีความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร

2.8.3 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance)

เป็นวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของประชากร มากกว่า 2 ชุดขึ้นไป ค่าความแปรปรวนของข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณ มี 2 ตัว คือ

1. ค่าความแปรปรวนระหว่างกลุ่ม (Between-Groups Variance) จะเป็นค่าที่แสดงให้เห็นถึงขนาดของความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของกลุ่มต่าง ๆ
2. ค่าความแปรปรวนภายในกลุ่ม (Within-Groups Variance) เป็นค่าที่แสดงให้เห็นว่าคะแนนแต่ละตัวที่รวบรวมมาได้ภายในแต่ละกลุ่มมีการกระจายมากหรือน้อย ค่าที่คำนวณได้เรียกว่าความคลาดเคลื่อน

การวิเคราะห์ความแปรปรวน จะใช้การทดสอบด้วย F-ratio ซึ่งคำนวณโดยเอาความแปรปรวนระหว่างกลุ่มหารด้วยความแปรปรวนภายในกลุ่ม แล้วทำการเปรียบเทียบ F ที่คำนวณได้กับ F ในตาราง เพื่อสรุปผลการทดลอง

2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาทัศนคติของผู้ใช้แรงงานก่อสร้างเกี่ยวกับความปลอดภัย ของ สุเทพ ฤทธิ์เดช (2554) พบว่าการประสบอุบัติเหตุ มีสาเหตุมาจาก 2 ประเด็นร่วมกันคือ การประมาทเลินเล่อของผู้ใช้แรงงาน กับการเตือนภัยจากระบบความเตือนภัยไม่ทั่วถึงและเพียงพอ ในจุดที่มีการเกิด

อุบัติเหตุบ่อย เช่น ในส่วนของช่างเชื่อมงานโครงหลังคา หรือในหมวดงานระบบและตกแต่ง ซึ่งมีผู้ใช้แรงงานในหลาย ๆ ภาคส่วนมาทำงานร่วมกันอย่างเร่งรีบตามแผนงาน จึงจำเป็นต้องมีการอบรมแนะนำก่อนการเริ่มเข้าทำงาน เพื่อให้ทราบสาเหตุของการเกิดอุบัติเหตุบ่อย ๆ และหาวิธีป้องกันหรือเพิ่มความระมัดระวังในการทำงานมากขึ้น ในขณะที่ ชีระพงษ์ ปราบสกุล (2553) ซึ่งได้ศึกษาอาการบาดเจ็บจากการทำงานก่อสร้างอาคาร พบว่าส่วนใหญ่เกิดจากการทำงานที่ใช้กำลังอย่างเต็มความสามารถ ร้อยละ 8.89 รองลงมาเกิดจากการแบก หาม ยก หรือเคลื่อนวัตถุหนัก ร้อยละ 8.41 ส่วนสาเหตุการบาดเจ็บน้อยที่สุดเกิดจากการสัมผัสหรือจับวัตถุขนาดเล็ก ร้อยละ 2.76 แรงงานส่วนใหญ่มีการบาดเจ็บบริเวณหัวเข่า ร้อยละ 18.38 รองลงมาเป็นบาดเจ็บบริเวณหลังส่วนล่าง ร้อยละ 17.87 และบริเวณคอเกิดการบาดเจ็บน้อยที่สุด ร้อยละ 2.55

Maiti (2007) ได้ศึกษาภาระงานก่อสร้างของอินเดีย โดยใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นแรงงานหญิงมีอายุ 28–32 ปี ประสบการณ์ทำงาน 3–7 ปี ซึ่งทำหน้าที่เป็นกรรมกรแบกหามในงานก่อสร้างจำนวน 11 จาก 20 คน มีการใช้น้ำพิทาจับเวลา ในการจับเวลาวงรอบของการทำงาน (Cycle Time) ทั้งหมด 5 วงรอบการทำงาน และจับเวลาในขณะที่ยกหรือแบกของ มีการวัดอัตราการเต้นของหัวใจ (Heart Rate) ความดันเลือด (Blood Pressure) ก่อนการทำงาน ในขณะทำงานและหลังจากทำงานเสร็จ และมีการวัดสภาพอากาศในการทำงานตั้งแต่เริ่มงานจนเสร็จงาน โดยวัดทุก ๆ หนึ่งชั่วโมง ครั้ง จากนั้นได้นำข้อมูลที่ได้อาจจากการสังเกตและบันทึกมาเปรียบเทียบกับมาตรฐานต่าง ๆ ได้แก่ การเปรียบเทียบค่า Recommended Weight Limit (RWL) ของแต่ละกิจกรรมงานก่อสร้างที่เสนอโดย NIOSH Committee การทำงานในสภาพอากาศที่มีอุณหภูมิ 32.2 °C (90 °F) สำหรับในงานเบา 31.1 °C (88 °F) ในงานหนัก 30.0 °C (86 °F) ในงานที่หนักมาก ซึ่งเสนอโดย American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH, 1992) เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานต่าง ๆ แล้วพบว่างานก่อสร้างในอินเดียมีความปลอดภัยในการทำงานที่ต่ำ โดยเมื่อนำผลจากการบันทึกข้อมูลไปวิเคราะห์ พบว่าค่าที่ได้ไม่เป็นไปตามมาตรฐานต่าง ๆ ที่ได้นำเสนอในข้างต้น ดังนั้นภาระงานก่อสร้างในอินเดียยังถือว่ามีความเสี่ยงที่จะเกิดอันตรายต่อคนงานอย่างมาก

Brouha (1967) ได้ทำการศึกษารายละเอียดและระยะเวลาของอัตราการเต้นของหัวใจ เพื่อเป็นดัชนีในการบอกถึงภาระงาน โดยผลการศึกษาพบว่าการทำงานที่ใช้พลังงาน 360 mkg/min จะส่งผลให้ผู้ชายมีอัตราการเต้นของหัวใจเพิ่มขึ้น 40 ครั้งต่อนาที และผู้หญิง 50 ครั้งต่อนาที ผลรวมของอัตราการเต้นของหัวใจ ขณะที่หยุดงานจนกระทั่งอัตราการเต้นของหัวใจเท่ากับขณะพักในตอนแรก (Total recovery pulse) เป็นตัววัดภาระงานที่ดีเท่า ๆ กับ หรือดีกว่า ผลรวมของอัตราการเต้นของหัวใจจากจุดที่เริ่มทำงานจนกระทั่งระดับของการเต้นของหัวใจเข้าสู่ภาวะปกติขณะพักหลังจากหยุดงานแล้ว (Total work pulse) และช่วงเวลาที่เหมาะสมในการวัดอัตราการเต้นของหัวใจที่ข้อมือเพื่อศึกษาอัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก คือ 30 วินาที โดยทำการวัดหลังจากหยุด

งานที่ช่วงระยะเวลาต่าง ๆ 3 ครั้ง ดังต่อไปนี้ ครั้งที่ 1 หลังจากหยุดงาน 30–60 วินาที (P1) ครั้งที่ 2 หลังจากหยุดงาน 90–120 วินาที (P2) ครั้งที่ 3 หลังจากหยุดงาน 150–180 วินาที (P3) และได้ให้ข้อแนะนำในการทำงานว่าภาระงานที่เหมาะสม ควรมีอัตราการเต้นของหัวใจไม่เกิน 110 ครั้งต่อนาที หรืออัตราการเต้นของหัวใจในช่วง P1 และ P3 ควรห่างกันอย่างน้อย 10 ครั้งต่อนาที

Muller (1961) ได้เสนอว่าอัตราการเต้นของหัวใจในช่วงพักฟื้นจะเป็นวิธีหนึ่งของการวัดความเหมาะสมของงานนั้นว่ามีความหนักเกินขีดความสามารถของร่างกายหรือไม่ โดยได้ให้คำแนะนำต่าง ๆ ไว้เพื่อเป็นประโยชน์ในการประยุกต์ใช้อัตราการเต้นของหัวใจในการประเมินทางกายศาสตร์ดังต่อไปนี้ ได้แก่ Resting pulse คือ อัตราการเต้นของหัวใจเฉลี่ยก่อนทำงาน Working pulse คือ อัตราการเต้นของหัวใจเฉลี่ยในระหว่างทำงาน และ Work pulses คือ ความแตกต่างของอัตราการเต้นของหัวใจระหว่างพักกับช่วงทำงาน

Karrasch และ Muller (1951) ได้ศึกษาเพื่อที่จะหาขีดจำกัดสูงสุดของภาระงานที่จะยอมรับได้ สำหรับงานที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องและจะไม่ทำให้อัตราการเต้นของหัวใจเพิ่มสูงขึ้นเรื่อย ๆ โดยไม่เข้าสู่ภาวะคงที่ และเมื่อหยุดงานแล้ว อัตราการเต้นของหัวใจควรเข้าสู่อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก ภายในระยะเวลาประมาณ 15 นาที โดยขีดจำกัดนี้ถูกกำหนดขึ้นเพื่อที่จะให้แน่ใจว่าระบบต่าง ๆ ของร่างกายมีความสามารถเพียงพอที่จะสนับสนุนการสร้างพลังงานได้อย่างเพียงพอ จากการศึกษาพบว่า อัตราการเต้นของหัวใจขณะทำงานอย่างต่อเนื่องไม่ควรเกิน 30 ครั้งต่อนาที เมื่อเทียบกับอัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก (อัตราการเต้นของหัวใจขณะทำงาน – อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก) หรือ Work pulse = 30 ครั้งต่อนาที โดยคำดังกล่าวนี้เป็นขีดจำกัดสำหรับอัตราการเต้นของหัวใจสำหรับผู้ชาย (Marrasch และ Muller 1951, อ้างใน นริศ เจริญพร 2543)

Killough และ Crumpton (1996) ได้ทำการสำรวจการบาดเจ็บจากภาวการณ์ทำงานซ้ำซาก Cumulative Trauma Disorders (CTDs) ของงานก่อสร้าง พบว่า การบาดเจ็บที่เกิดขึ้นมีทั้งหมด 7 ชนิด ได้แก่ Carpal Tunnel Syndrome, Tennis Elbow, Trigger Finger, Arthritis of the Thumb, Thumb/Wrist Tendinitis, Vibration Syndrome และ Impingement นอกจากนี้ยังได้ทำการประเมินดัชนีความเสี่ยง (Risk Assessment Index) ในกิจกรรมงานก่อสร้าง โดยได้พิจารณากิจกรรมในงานก่อสร้างที่มีผลต่อการบาดเจ็บทั้งหมด 6 กิจกรรมดังนี้ คือ งานปูน, การตอกตะปู, การทาสี, การเลื่อย, การตัด, และการเจาะ โดยมีการกำหนดปัจจัยที่ส่งผลต่อความเสี่ยงในการเกิดอาการบาดเจ็บทั้งหมด 5 ปัจจัย คือ การทำงานย่อยซ้ำ ๆ, ท่าทางที่ไม่เหมาะสม, การใช้แรง, ระยะเวลาการทำงาน, และ ปัจจัยด้านเครื่องมือกล ในการประเมินนี้ใช้การให้คะแนนจากการสังเกตโดยมีเกณฑ์การให้คะแนน 0 (มีความเสี่ยงน้อยสุด) ถึง 5 (มีความเสี่ยงมากที่สุด) ในแต่ละปัจจัยที่ส่งผลต่อความเสี่ยงในการเกิดอาการบาดเจ็บและมีการทดสอบความแม่นยำของการประเมินโดยการสอบถามคนงานโดยตรงถึงความยากของงาน (Perceived Difficulty) และการออกแรงในการทำงาน (Perceived

Exertion) โดยมีเกณฑ์การให้คะแนน 0 (น้อยที่สุด) ถึง 10 (มากที่สุด) จากผลการสำรวจทำให้ทราบว่ากิจกรรมที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดอาการบาดเจ็บมากที่สุดคือ งานคอนกรีต (Concrete Work) ซึ่งทั้งผลของการประเมินและผลของการสอบถามคนงานต่างมีความเห็นไปในทิศทางเดียวกัน

Chad และ Brown (1995) ได้ทำการศึกษาผลกระทบการตอบสนองของอุณหภูมิในร่างกายและความล้าของกล้ามเนื้อในการทำงานของคนงานเพศหญิง โดยทำการวิเคราะห์อัตราการเต้นของหัวใจ อุณหภูมิแกน อุณหภูมิผิวหนัง และการวัดความเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อ ในการทำงานเบา คือ งานพิมพ์ดีด และการทำงานหนัก คือ งานยกของ ภายใต้สภาพอากาศปกติและสภาพอากาศร้อน ซึ่งผลจากการศึกษา พบว่าการทำงานในที่ร้อนมีผลต่ออัตราการเต้นของหัวใจ อุณหภูมิแกน และอุณหภูมิผิวของทั้ง 2 งาน โดยเมื่อวิเคราะห์อัตราการเต้นของหัวใจของพนักงานยกของกับพนักงานพิมพ์ดีด ภายใต้สภาพอากาศร้อน พบว่าอัตราการเต้นของหัวใจของพนักงานยกของมีอัตราเพิ่มขึ้นสูงกว่าพนักงานพิมพ์ดีดอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนอุณหภูมิแกน และอุณหภูมิผิวของทั้ง 2 งานจะมีการเพิ่มขึ้นที่ไม่แตกต่างกันทั้งในสภาพอากาศปกติและอากาศร้อน



บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 การออกแบบการทดลอง

การทำงานคอนกรีตในการหล่อตอม่อ และหล่อเสา ในงานก่อสร้างเป็นกิจกรรมงานพื้นฐานของการก่อสร้างอาคาร และมีการทำงานในสถานที่ที่ไม่เอื้ออำนวยต่อการควบคุมปัจจัยต่าง ๆ ในการเก็บข้อมูล ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งในการออกแบบการทดลองเพื่อควบคุมปัจจัยต่าง ๆ ให้สามารถเก็บข้อมูลที่มีความถูกต้องมากที่สุด

ในการออกแบบการทดลอง มีการควบคุมปัจจัยต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

3.1.1 ผู้ถูกทดสอบ

ผู้ถูกทดสอบในงานวิจัยนี้เป็นผู้ใช้แรงงานในการก่อสร้างอาคารที่มีหน้าที่ในการทำงานคอนกรีต เช่น งานหล่อตอม่อ หล่อเสา และเทคาน เป็นต้น จำนวนทั้งหมด 21 คน โดยมีอายุระหว่าง 20 ถึง 60 ปี มีประสบการณ์ทำงาน ระหว่าง 3 ถึง 40 ปี เนื่องจากผู้ถูกทดสอบทุกคนมีประสบการณ์ทำงานในการทำงานคอนกรีต ดังนั้นจึงถือได้ว่าผู้ถูกทดสอบทุกคนมีวิธีการทำงานหรือท่าทางการทำงานที่เหมือนกัน และสามารถทำงานแทนกันได้

3.1.2 การเตรียมการทดลอง

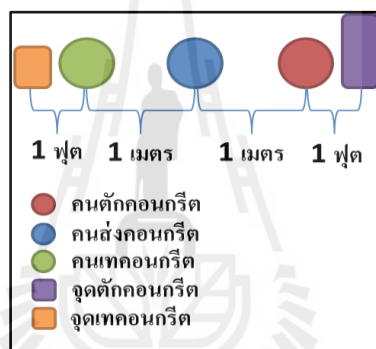
เพื่อความถูกต้องและป้องกันความคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริงในการเก็บข้อมูล จึงได้มีการเตรียมสถานที่ และอุปกรณ์สำหรับการทดลอง ดังต่อไปนี้

การทำงานคอนกรีตในแนวระนาบ

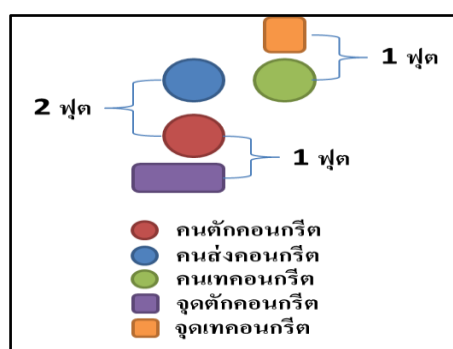
- ทำการกำหนดจุดยืนให้ผู้ถูกทดสอบแต่ละคน (คนตัก, คนส่ง, และคนเท) โดยกำหนดให้ยืนห่างกันเป็นระยะ 1 เมตรเท่า ๆ กัน (วัดจากระยะการทำงานจริง) พร้อมทั้งกำหนดจุดตักคอนกรีต และเทคอนกรีตให้ใกล้เคียงระยะการทำงานจริง ดังรูปที่ 3.1
- กำหนดให้ผู้ถูกทดสอบทำท่าทางการทำงานจริงในขณะที่ทำการทดสอบ
- กำหนดให้ผู้ถูกทดสอบในขั้นตอนการตักคอนกรีต ตักคอนกรีตในปริมาณที่ใกล้เคียงกับการทำงานจริง (ประมาณ 3 กิโลกรัม)

การทำงานคอนกรีตในแนวดิ่ง

- ทำการกำหนดจุดยืนให้ผู้ถูกทดสอบแต่ละคน ดังต่อไปนี้ 1) คนตักคอนกรีต กำหนดให้ยืนห่างจากจุดตักคอนกรีต ระยะ 1 ฟุต 2) คนส่งคอนกรีต (แนวดิ่ง) กำหนดให้ยืนห่างจากคนตักคอนกรีต ระยะ 2 ฟุต และห่างจากนั่งร้านที่มีความสูง 170 เซนติเมตร ระยะ 2 ฟุต 3) คนเทคอนกรีต กำหนดให้ยืนห่างจากจุดเทคอนกรีต ระยะ 1 ฟุต ดังรูปที่ 3.2
- กำหนดให้ผู้ถูกทดสอบทำท่าทางการทำงานจริงในขณะที่ทำการทดสอบ
- กำหนดให้ผู้ถูกทดสอบในขั้นตอนการตักคอนกรีต ตักคอนกรีตในปริมาณที่ใกล้เคียงกับการทำงานจริง (ประมาณ 3 กิโลกรัม)



รูปที่ 3.1 แสดงตำแหน่งการทำงานในแนวระนาบ



รูปที่ 3.2 แสดงตำแหน่งการทำงานในแนวดิ่ง

3.1.3 แผนการทดลอง

ในการศึกษานี้ใช้แผนการทดลองแบบแฟกทอเรียล (Factorial Design) โดยมี ตัวแปรตาม คือ อัตราการเดินของหัวใจ และตัวแปรอิสระ คือ 1) ขั้นตอนการทำงาน โดยแบ่งเป็น 3 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนการตักคอนกรีต ขั้นตอนการส่งคอนกรีต และขั้นตอนการเทคอนกรีต และ 2) ทิศทางการส่งคอนกรีต โดยแบ่งเป็น 2 แบบ ได้แก่ การส่งคอนกรีตในแนวระนาบ และการส่งคอนกรีตในแนวตั้ง มีการกำหนดให้ผู้ถูกทดสอบทุกคนเป็นบล็อก (Block) และในการทดสอบแต่ละขั้นตอนเป็นการทดสอบแบบสุ่ม (Randomized)

3.1.4 การบันทึกข้อมูล

ในการวิจัยนี้ได้ทำการบันทึกข้อมูล 3 ส่วน ดังต่อไปนี้

- 1) บันทึกข้อมูลอัตราการเดินของหัวใจของผู้ถูกทดสอบจากการทำงานคอนกรีตในแนวระนาบและแนวตั้ง โดยมีการบันทึกข้อมูลดังตารางที่ 3.1
- 2) บันทึกภาพการทำงานจริงของผู้ใช้แรงงานในการทำงานคอนกรีตในแนวระนาบและแนวตั้ง เพื่อใช้ในการประเมินท่าทางการทำงาน
- 3) บันทึกค่าการออกแรงของกล้ามเนื้อของผู้ถูกทดสอบ เพื่อวิเคราะห์กล้ามเนื้อที่ใช้ในการออกแรงในระหว่างการทำงานคอนกรีตทั้ง 3 ขั้นตอน (ตัก, ส่ง, และเท) ดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.1 ตารางบันทึกข้อมูลอัตราการเต้นของหัวใจ

งาน	คนที่	อัตราการเต้นของหัวใจ (ครั้งต่อนาที)					
		ก่อนการทำงาน 15 นาที		ขณะทำงาน		หลังการทำงาน 15 นาที	
		แนวระนาบ	แนวตั้ง	แนวระนาบ	แนวตั้ง	แนวระนาบ	แนวตั้ง
การตัก	1						
	2						
	⋮						
	7						
การส่ง	1						
	2						
	⋮						
	7						
การเท	1						
	2						
	⋮						
	7						

ตารางที่ 3.2 ตารางบันทึกข้อมูลค่าการออกแรงของกล้ามเนื้อ

คนที่			กล้ามเนื้อ															
			การดัก				การส่งแนวระนาบ				การส่งแนวตั้ง				การเท			
			ไบเซพ	เดลทอยด์	อิริคเตอร์ สไปน์	ทราพีเซีย	ไบเซพ	เดลทอยด์	อิริคเตอร์ สไปน์	ทราพีเซีย	ไบเซพ	เดลทอยด์	อิริคเตอร์ สไปน์	ทราพีเซีย	ไบเซพ	เดลทอยด์	อิริคเตอร์ สไปน์	ทราพีเซีย
1	การออกแรงสูงสุด	วัดครั้งที่ 1																
		วัดครั้งที่ 2																
		ค่าเฉลี่ย																
	การออกแรงขณะทำงาน																	
2	ร้อยละของการออกแรงสูงสุด %MVC																	
	การออกแรงสูงสุด	วัดครั้งที่ 1																
		วัดครั้งที่ 2																
		ค่าเฉลี่ย																
	การออกแรงขณะทำงาน																	
	ร้อยละของการออกแรงสูงสุด %MVC																	
15	การออกแรงสูงสุด	วัดครั้งที่ 1																
		วัดครั้งที่ 2																
		ค่าเฉลี่ย																
	การออกแรงขณะทำงาน																	
	ร้อยละของการออกแรงสูงสุด %MVC																	

3.2 การสำรวจและเก็บข้อมูล

3.2.1 ขั้นตอนการเก็บข้อมูล

ในการวิจัยนี้ได้ทำการสุ่มตัวอย่างจากผู้ใช้งานในกิจกรรมงานก่อสร้างอาคารของบริษัทเทคโนโลยี (2001) จำกัด โดยมีการสำรวจและเก็บข้อมูล ดังนี้

1. ทำการสังเกตและศึกษาลักษณะขั้นตอนการทำงานคอนกรีตในการก่อสร้างอาคาร ด้วยการบันทึกขั้นตอนการทำงาน และจับเวลาวงรอบการทำงาน เพื่อวิเคราะห์วิธีการทำงานในแต่ละขั้นตอน และเวลาในการทำงานของแต่ละขั้นตอนในงานคอนกรีต
2. ใช้แบบสอบถามมาตรฐานนอร์ดิก (Standardised Nordic Questionnaires) เพื่อบ่งชี้การบาดเจ็บตามส่วนต่าง ๆ ของร่างกายของผู้ใช้งาน

3. วัดอัตราการเต้นของหัวใจ ทั้งก่อนการทำงาน ในขณะที่ทำงาน และหลังทำงาน โดยวัดก่อนทำงาน 15 นาที และหลังการทำงาน 15 นาที แล้วนำไปเปรียบเทียบกับข้อเสนอแนะของ Brouha (1967)
4. ใช้ Strain Index (SI), Ovako Working Posture Analysis System (OWAS) และ Rapid Entire Body Assessment (REBA) เพื่อประเมินภาระงานวิเคราะห์ความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บของร่างกาย
5. วัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (Electromyography, EMG) เพื่อคำนวณค่าภาระงานของกล้ามเนื้อ (Muscle Workload) ในรูปร้อยละของค่าการออกแรงสูงสุด (Maximal Voluntary Contraction, MVC) และนำไปวิเคราะห์ความปลอดภัยในการใช้กล้ามเนื้อต่าง ๆ ในงานคอนกรีต
6. ใช้แบบสอบถามความรู้สึกเมื่อยล้าของร่างกาย (Body Discomfort Map) เพื่อใช้ในการประเมินความรู้สึกเมื่อยล้า หรือเจ็บปวดกล้ามเนื้อระหว่างทำงานหรือหลังเลิกงาน

3.2.2 ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์

ในการดำเนินงานวิจัยได้มีการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อทำการวิเคราะห์ ดังต่อไปนี้

- 1) อัตราการเต้นของหัวใจ การวัดอัตราการเต้นของหัวใจทำได้โดยใช้เครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจ ยี่ห้อ POLAR รุ่น S625x โดยมีการบันทึกค่าอัตราการเต้นของหัวใจ ดังนี้
 - ก. อัตราการเต้นของหัวใจก่อนปฏิบัติงาน 15 นาที
 - ข. อัตราการเต้นของหัวใจในขณะที่ปฏิบัติงาน (45 นาที – 1 ชั่วโมง)
 - ค. อัตราการเต้นของหัวใจหลังจากปฏิบัติงาน 15 นาที
 จากการรวบรวมข้อมูล อัตราการเต้นของหัวใจ สามารถใช้ในการวิเคราะห์ความเสี่ยงที่จะเกิดการล้มเหลวของระบบหมุนเวียนโลหิตได้ 2 กรณี คือ
 - ก. เมื่ออัตราการเต้นของหัวใจในขณะที่ปฏิบัติงานมีค่าเกิน 110 ครั้งต่อนาที ตามข้อเสนอแนะของ Brouha (1967)
 - ข. เมื่อความแตกต่างระหว่างอัตราการเต้นของหัวใจในขณะที่ทำงานกับอัตราการเต้นของหัวใจในขณะที่พักก่อนการทำงาน 15 นาที (การเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นของหัวใจ) มีค่ามากกว่า 30 ครั้งต่อนาที ตามคำแนะนำของ Killough และ Crumpton (1996)

และใช้อัตราการเต้นของหัวใจ เพื่อพิสูจน์สมมติฐาน ดังนี้

1. ขั้นตอนการทำงานทั้ง 3 ขั้นตอน (ตัก, ส่ง, และเท) มีผลกระทบต่ออัตราการเต้นของหัวใจ
2. ทิศทางการส่งคอนกรีต (แนวระนาบ และแนวค้ำ) มีผลกระทบต่ออัตราการเต้นของหัวใจ

โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) ซึ่งมีอัตราการเต้นของหัวใจเป็นตัวแปรตาม

- 2) ลักษณะการทำงาน และท่าทางการทำงาน โดยทำการบันทึกการทำงานของผู้ใช้แรงงาน ทั้ง 3 ขั้นตอน (ตัก, ส่ง, และเท) ในการทำงานทั้ง 2 แบบ (แนวระนาบ, และแนวค้ำ) และทำการเลือกท่าทางการทำงานที่มีความวิกฤตต่อการเกิดอาการบาดเจ็บในการทำงาน เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ความเสี่ยงที่จะเกิดการบาดเจ็บจากการทำงาน โดยใช้เครื่องมือการประเมินทางกายศาสตร์ดังต่อไปนี้

- Ovako Working Posture Analysis System (OWAS)
- Rapid Entire Body Assessment (REBA)

ทำการวิเคราะห์การทำงาน วงรอบการทำงาน จากการบันทึกภาพเคลื่อนไหว เพื่อวิเคราะห์ดัชนีความเครียด (Strain Index)

- 3) ค่าร้อยละของการออกแรงสูงสุด (%MVC) การหาค่าร้อยละของการออกแรงสูงสุดทำได้โดยการวัดค่าการออกแรงของกล้ามเนื้อจากเครื่องวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ ยี่ห้อ MEGA รุ่น Muscle Tester ME3000 Professional เพื่อวิเคราะห์การใช้กล้ามเนื้อในการออกแรงระหว่างทำงานคอนกรีตทั้ง 3 ขั้นตอน (ตัก, ส่ง, และเท)
- 4) ข้อมูลการเจ็บปวดหรือปวดเมื่อยส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย การเก็บข้อมูลการเจ็บปวดหรือปวดเมื่อยส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย ใช้เพื่อวิเคราะห์การเจ็บปวดหรือปวดเมื่อยส่วนต่าง ๆ ของร่างกายจากการทำงานคอนกรีตของผู้ใช้แรงงานในการก่อสร้างอาคาร โดยใช้แบบสอบถาม ดังต่อไปนี้

- Standardised Nordic Questionnaires
- Body Discomfort Map

โดยทำการวิเคราะห์ข้อมูลในรูปของร้อยละ เพื่อดูแนวโน้มของข้อมูลแบบสอบถามทั้ง 2 ชุด ว่ามีแนวโน้มการเจ็บปวดหรือปวดเมื่อยตามร่างกายในตำแหน่งเดียวกันหรือไม่

3.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำวิจัย

ในงานวิจัยมีเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ ดังนี้

- 1) นาฬิกาจับเวลาดิจิทัล ยี่ห้อ SEIKO รุ่น S23601P1 ดังรูปที่ 3.3
- 2) เทปวัดระยะทาง ยี่ห้อ STANLEY รุ่น 30-656N ดังรูปที่ 3.4
- 3) เครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจ ยี่ห้อ POLAR รุ่น S625x ดังรูปที่ 3.5
- 4) เครื่องวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ ยี่ห้อ MEGA รุ่น Muscle Tester ME3000 Professional ดังรูปที่ 3.6 ประกอบด้วย
 - 4.1 เครื่องรับสัญญาณ (Encoder Box)
 - 4.2 สายเคเบิลในการเชื่อมต่อกับจอแสดงผล
 - 4.3 ซอฟต์แวร์การวัดและวิเคราะห์คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ
- 5) เครื่องวัดการออกแรงยก Jackson Strength Evaluation System ดังรูปที่ 3.7
- 6) Blue Sensor P Electrodes ยี่ห้อ Ambu รุ่น P-00-S ดังรูปที่ 3.8
- 7) วัสดุอุปกรณ์ในงานคอนกรีต ได้แก่ ถังคักคอนกรีต กระบะผสมคอนกรีต จอบผสมคอนกรีต หิน ปูน ทราย



รูปที่ 3.3 นาฬิกาจับเวลาดิจิทัล



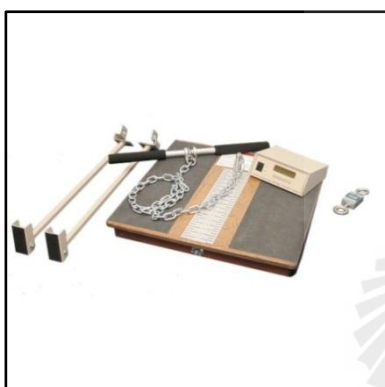
รูปที่ 3.4 เทปวัดระยะทาง



รูปที่ 3.5 เครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจ



รูปที่ 3.6 เครื่องวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ



รูปที่ 3.7 Jackson Strength Evaluation System



รูปที่ 3.8 Blue Sensor P Electrodes

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.4.1 การวิเคราะห์ปัจจัยต่าง ๆ ในการวิจัย

ปัจจัยที่สามารถควบคุมได้ ได้แก่

- 1) การทำงานและท่าทางการทำงานของผู้ใช้แรงงานแต่ละกลุ่ม มีลักษณะเหมือนเดิมทุกรอบการทำงานตลอดระยะเวลาในการทำงาน
- 2) ลักษณะท่าทางในการทำงานหรือการออกแรงในการทำงานของผู้ใช้แรงงานแต่ละคนในแต่ละกลุ่มมีลักษณะท่าทางในการทำงานหรือการออกแรงในการทำงานที่เหมือนกัน

- 3) รูปทรง และปริมาตรของถังที่ใช้ในการดักคอนกรีต มีลักษณะที่เหมือนกัน และปริมาณในการดักคอนกรีตมีปริมาณที่เท่ากันทุกรอบ
 - 4) ระยะห่างระหว่างคนส่งคอนกรีตแต่ละคน มีระยะห่างที่เท่ากัน
 - 5) ตอม่อ และเสา ที่ทำการหล่อ มีจำนวนและขนาดที่เท่ากัน
 - 6) ในการหล่อตอม่อ และหล่อเสา ต้องไม่ทำพร้อมกัน
- ปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุมได้ ได้แก่

- 1) ระยะเวลาในการดักคอนกรีต ส่งคอนกรีต เทคอนกรีต ของผู้ใช้แรงงาน
- 2) ระยะเวลาในการทำงานทั้งหมด
- 3) ช่วงเวลาในการทำงาน (เช้า, บ่าย, เย็น) ขึ้นอยู่กับเวลาในการขนส่งของ รถบรรทุกคอนกรีต
- 4) สภาพอากาศในการทำงาน (ความร้อน, ความชื้นสัมพัทธ์, ความเร็วลม)

3.4.2 การวิเคราะห์ห้วงรอบเวลาในการทำงาน (Cycle Time)

การทำงานในขั้นตอนต่าง ๆ ของงานคอนกรีตในการก่อสร้างอาคาร สามารถหา ห่วงรอบเวลาด้วยการใช้นาฬิกาจับเวลาดิจิตอล ยี่ห้อ SEIKO รุ่น S23601P1 เพื่อจับเวลาการทำงาน ในขั้นตอนต่าง ๆ โดยมีการบันทึกข้อมูลในการจับเวลารอบการทำงาน ดังนี้

1. เวลาในการทำงานคอนกรีตทั้งหมด 5 รอบการทำงาน
2. เวลาในการทำงานคอนกรีตแต่ละขั้นตอน ขั้นตอนละ 5 รอบการทำงาน

3.4.3 แบบสอบถามมาตรฐานนอร์ดิก (Standardised Nordic Questionnaires)

ข้อมูลการบาดเจ็บตามร่างกายของผู้ใช้แรงงานในงานคอนกรีต รวบรวมโดยการใช้แบบสอบถามมาตรฐานเกี่ยวกับการเจ็บปวดทางระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อ (Standardised Nordic Questionnaires) ซึ่งถูกพัฒนาโดย Kuorinka และคณะ (1986) ซึ่งแสดงดังภาคผนวก ก แบบสอบถามนี้ใช้ในการสำรวจการเจ็บปวดตามร่างกายส่วนต่าง ๆ ซึ่งได้แก่ 1) คอ 2) หัวไหล่ 3) ข้อศอก 4) ข้อมือ/มือ 5) หลังส่วนบน 6) หลังส่วนล่าง 7) ต้นขา 8) เข่า และ 9) ขา/เท้า ในระหว่าง 12 เดือนที่ผ่านมา จากผู้ใช้แรงงานทั้งหมด 21 คน การวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสอบถามมาตรฐาน นอร์ดิกจะอยู่ในรูปร้อยละของผู้ใช้แรงงานที่ถูกทดสอบทั้งหมด

3.4.4 การวัดอัตราการเต้นของหัวใจ (Heart Rate)

วิธีการวัดอัตราการเต้นของหัวใจ มีดังนี้

- 1) วัดอัตราการเต้นของหัวใจของผู้ถูกทดสอบในขณะที่พัก ก่อนที่ผู้ถูกทดสอบ ปฏิบัติงาน 15 นาที โดยให้ผู้ถูกทดสอบอยู่ในท่านั่ง

- 2) วัดอัตราการเต้นของหัวใจขณะปฏิบัติงาน
- 3) วัดอัตราการเต้นของหัวใจหลังจากปฏิบัติงาน โดยให้ผู้ถูกทดสอบพัก 15 นาที หลังการปฏิบัติงาน

การวิเคราะห์อัตราการเต้นของหัวใจ

- 1) หาค่าการเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นของหัวใจ (ΔHR) ดังสมการ 3.1

$$\Delta HR = \text{อัตราการเต้นของหัวใจ (ขณะทำงาน)} - \text{อัตราการเต้นของหัวใจ (ขณะพักก่อนทำงาน)} \quad (3.1)$$

- 2) นำค่าการเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นของหัวใจของทุกขั้นตอนการทำงาน (ตัก, ส่ง, เทคอนกรีต) มาวิเคราะห์ความแปรปรวน เพื่อทดสอบผลกระทบของวิธีการส่งคอนกรีตที่มีต่ออัตราการเต้นของหัวใจ

3.4.5 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA)

ผลจากการวัดค่าอัตราการเต้นของหัวใจและการคำนวณค่าการเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นของหัวใจของการทำงานในขั้นตอนต่าง ๆ ทั้งการทำงานคอนกรีตในแนวระนาบและการทำงานคอนกรีตในแนวตั้ง สามารถตั้งสมมติฐานได้ ดังนี้

1. ขั้นตอนการทำงาน (การตักคอนกรีต, การส่งคอนกรีต, การเทคอนกรีต) มีผลกระทบต่อการเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นของหัวใจ
2. ทิศทางการส่งคอนกรีต (แนวระนาบ, แนวตั้ง) มีผลกระทบต่อการเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นของหัวใจ
3. ผู้ถูกทดสอบ มีผลกระทบต่อการเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นของหัวใจ

ทำการวิเคราะห์ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน โดยมีตัวแปรดังนี้

1. ตัวแปรอิสระ (Independent Variables) คือ 1) ขั้นตอนการทำงาน แบ่งเป็น 3 ระดับ ได้แก่ การตักคอนกรีต การส่งคอนกรีต และการเทคอนกรีต และ 2) ทิศทางการส่งคอนกรีต แบ่งเป็น 2 ระดับ ได้แก่ การส่งคอนกรีตแนวระนาบ และการส่งคอนกรีตแนวตั้ง
2. ตัวแปรตาม (Dependent Variable) คือ อัตราการเต้นของหัวใจ

กำหนดให้ผู้ถูกทดสอบเป็นบล็อก (Block)

3.4.6 ดัชนีความเครียด (Strain Index, SI)

การประเมินความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บของร่างกาย ซึ่งเป็นการประเมินความผิดปกติของปลายแขน (Distal Upper Extremity Disorders) ทำได้โดยใช้ดัชนีความเครียด (Strain Index) ซึ่งค่าดัชนีความเครียดนี้สามารถคำนวณได้จาก ปัจจัยต่าง ๆ ทั้ง 6 ปัจจัยดังต่อไปนี้

- 1) ระดับของการออกแรง (Intensity of Exertion, IE)
- 2) ระยะเวลาในการออกแรง (Duration of Exertion, DE)
- 3) ความพยายามในการออกแรงต่อนาที (Effort per Minute, EM)
- 4) ท่าทางของมือและข้อมือ (Hand/Wrist Posture, HWP)
- 5) ความเร็วของงาน (Speed of Work, SW)
- 6) ระยะเวลาการทำงาน (Duration of Task per Day, DD)

ค่าดัชนีคำนวณได้จากสมการที่ 3.2

$$SI = IE \times DE \times EM \times HWP \times SW \times DD \quad (3.2)$$

ผลจากการคำนวณค่าดัชนีสามารถบ่งบอกถึงความปลอดภัยของการทำงานว่ามีความปลอดภัยมากน้อยเพียงใด ซึ่งเกณฑ์การให้คะแนนสามารถแบ่งได้ดังนี้ คือ

- ก. คะแนนน้อยกว่าหรือเท่ากับ 3 ($SI \leq 3$) แสดงว่า การทำงานมีความปลอดภัย
- ข. คะแนนตั้งแต่ 4 ถึง 6 ($4 \leq SI \leq 6$) แสดงว่า การทำงานไม่ค่อยปลอดภัย
- ค. คะแนนมากกว่าหรือเท่ากับ 7 ($SI \geq 7$) แสดงว่า การทำงานไม่ปลอดภัย (อาจเกิดอันตราย)

การวิเคราะห์คะแนนของทั้ง 6 ปัจจัย พร้อมระดับคะแนน และค่าน้ำหนัก ทำได้ดังนี้

- 1) ระดับของการออกแรง (Intensity of Exertion, IE) ระดับของการออกแรงวิเคราะห์ได้ 2 วิธี คือ
วิธีที่ 1 การหาค่าร้อยละของการออกแรงสูงสุด (Percentage of Maximal Strength) สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 3.3

$$\text{ค่าร้อยละของการออกแรงสูงสุด} = \frac{\text{น้ำหนักคอนกรีต}}{\text{ค่าการออกแรงสูงสุด}} \times 100 \quad (3.3)$$

ตารางที่ 3.3 ระดับการออกแรง ระดับคะแนน และค่าน้ำหนักคะแนน

ระดับการออกแรง	ค่าร้อยละของ การออกแรงสูงสุด	Borg Scale	ระดับคะแนน	ค่าน้ำหนักคะแนน
เบา	<10	≤2	1	1
ค่อนข้างหนัก	10-29	3	2	3
หนัก	30-49	4-5	3	6
หนักมาก	50-79	6-7	4	9
ออกแรงใกล้ค่าสูงสุด	≥80	>7	5	13

ตารางที่ 3.3 แสดงการแบ่งระดับของการออกแรงเป็น 5 ระดับ โดยแต่ละระดับวิเคราะห์ได้จากค่าร้อยละของการออกแรงสูงสุด และการประเมินจากความรู้สึกเหนื่อยจากการออกแรง ซึ่งในแต่ละระดับของการออกแรงมีการให้ระดับคะแนน และค่าน้ำหนักคะแนน เพื่อใช้ในการคำนวณค่า SI

ทั้งนี้ ค่าการออกแรงสูงสุดวัดได้จากเครื่อง Jackson Strength Evaluation System

วิธีที่ 2 การประเมินจากความรู้สึกเหนื่อยจากการออกแรง โดยใช้สเกลบอกความเหนื่อยของบอร์ก (Modified Borg Scale)

ตารางที่ 3.4 ระดับความรู้สึกเหนื่อยจาก Modified Borg Scale

Borg Scale	ระดับความเหนื่อย
0	ไม่เหนื่อยเลย
0.5	แทบไม่เหนื่อย
1	เหนื่อยน้อยมาก
2	เหนื่อยเล็กน้อย
3	เหนื่อยปานกลาง
4	เหนื่อยค่อนข้างมาก
5	เหนื่อยอย่างมาก
6	เหนื่อยอย่างมาก ๆ
7	
8	
9	เหนื่อยมากเกือบที่สุด
10	เหนื่อยมากที่สุดจนทนไม่ไหว

จากตารางที่ 3.4 แสดงการแบ่งระดับคะแนนของสเกลบอกความเหนื่อยของบอร์เกอร์เป็น 0-10 ระดับ ในแต่ละระดับคะแนนจะบ่งบอกระดับความเหนื่อยจากการออกแรง

- 2) ระยะเวลาในการออกแรง (Duration of Exertion, DE) ระยะเวลาในการออกแรงเป็นการคำนวณหาค่าร้อยละของระยะเวลาการออกแรงในระหว่างการทำงานในขั้นตอนต่าง ๆ วิเคราะห์ได้จาก ระยะเวลาในการสังเกตการทำงาน (Observation Time) และระยะเวลาในการออกแรงระหว่างการทำงาน (Exertions Time) โดยคำนวณได้จากสมการที่ 3.4

$$\text{ค่าร้อยละของระยะเวลาการออกแรง} = \frac{\text{ระยะเวลาในการออกแรงทั้งหมด (วินาที)}}{\text{ระยะเวลาในการสังเกตการออกแรง (วินาที)}} \times 100 \quad (3.4)$$

ตารางที่ 3.5 ระดับค่าร้อยละของระยะเวลาการออกแรง ระดับคะแนน และค่าน้ำหนักคะแนน

ค่าร้อยละของการออกแรง	ระดับคะแนน	ค่าน้ำหนักคะแนน
<10	1	0.5
10-29	2	1
30-49	3	1.5
50-79	4	2
80-100	5	3

ผลจากการคำนวณค่าร้อยละของระยะเวลาการออกแรงในการทำงานแต่ละขั้นตอนสามารถนำไปเปรียบเทียบกับตารางที่ 3.5 เพื่อวิเคราะห์หาระดับคะแนน และค่าน้ำหนักคะแนนได้

- 3) ความพยายามในการออกแรงต่อนาที (Effort per Minute, EM) การกำหนดค่าความพยายามในการออกแรงต่อนาที เป็นการสังเกตการทำงานของผู้ใช้แรงงานพร้อมทั้งจับเวลาในการทำงานทั้งหมด 5 รอบการทำงาน ทั้งการทำงานคอนกรีตในแนวระนาบ และการทำงานคอนกรีตในแนวดิ่ง ความพยายามในการออกแรงต่อนาทีที่สามารถคำนวณได้จาก สมการที่ 3.5 สามารถเปรียบเทียบระดับคะแนน และค่าน้ำหนักคะแนน ดังตารางที่ 3.6

$$\text{ความพยายามในการออกแรงต่อนาที} = \frac{\text{จำนวนครั้งการออกแรง}}{\text{ระยะเวลาทั้งหมดในการสังเกต (นาที)}} \quad (3.5)$$

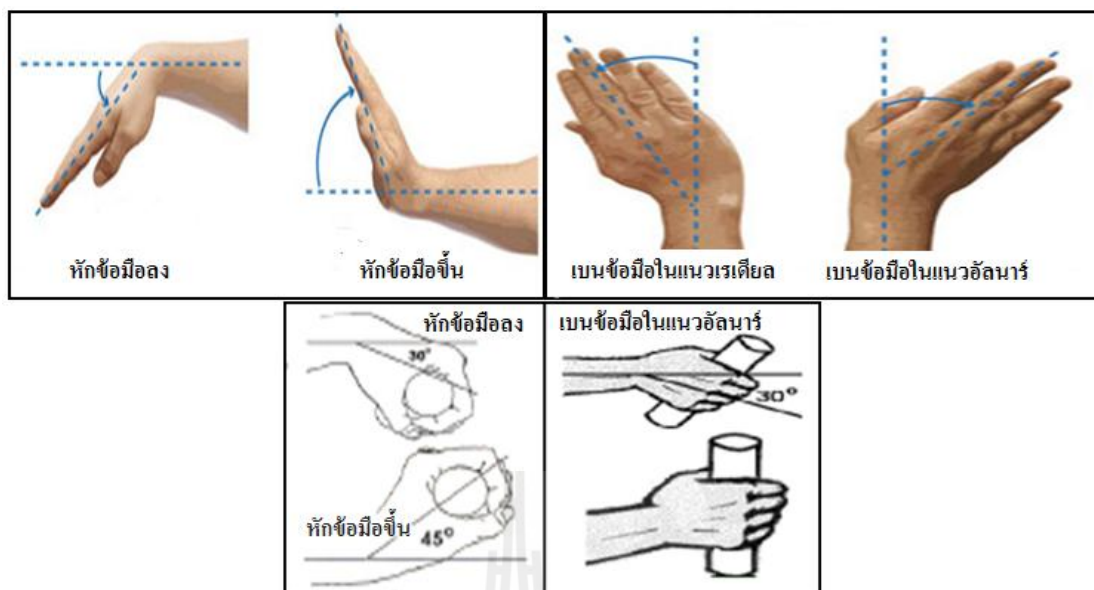
ตารางที่ 3.6 ระดับความพยายามในการออกแรงต่อนาที ระดับคะแนน และค่าน้ำหนักคะแนน

ความพยายามในการออกแรงต่อนาที (ครั้ง)	ระดับคะแนน	ค่าน้ำหนักคะแนน
<4	1	0.5
4-8	2	1
9-14	3	1.5
15-19	4	2
20>	5	3

ตารางที่ 3.7 การแบ่งระดับท่าทางมือและข้อมือ ระดับคะแนน และค่าน้ำหนักคะแนน

ระดับท่าทาง	ยืดมือ/ข้อมือ	งอมือ/ข้อมือ	บิดเอียงมือ/ข้อมือ	ระดับคะแนน	ค่าน้ำหนักคะแนน
ดีมาก	0°-10°	0°-5°	0°-10°	1	1
ดี	11°-25°	6°-15°	11°-15°	2	1
พอใช้	26°-40°	16°-30°	16°-20°	3	1.5
ไม่ดี	41°-55°	31°-50°	21°-25°	4	2
ไม่ดีย่างมาก	>60°	>50°	>25°	5	3

- 4) ท่าทางของมือและข้อมือ (Hand/Wrist Posture, HWP) การวิเคราะห์ท่าทางของมือและข้อมือ เป็นการสังเกตการเปลี่ยนแปลงท่าทางของมือและข้อมือไปจากตำแหน่งปกติ (Neutral Position) ซึ่งระดับคะแนน และค่าน้ำหนักคะแนนท่าทางของมือและข้อมือในแต่ละระดับ แสดงดังตารางที่ 3.7



รูปที่ 3.9 การวัดองศาท่าทางมือ และข้อมือ (นริศ เจริญพร และคณะ, 2555)

รูปที่ 3.9 ได้แสดงตัวอย่างการวัดองศาของมือและข้อมือที่เปลี่ยนแปลงไปจากตำแหน่งปกติ ในแบบต่าง ๆ ซึ่งใช้ในการวิเคราะห์ระดับคะแนน และค่าน้ำหนักคะแนนของท่าทางของมือและข้อมือในการทำงานของผู้ใช้แรงงานทั้ง 3 ขั้นตอน ทั้งการทำงานคอนกรีตในแนวระนาบ และการทำงานคอนกรีตในแนวตั้ง

- 5) ความเร็วของงาน (Speed of Work, SW) ความเร็วของงานวิเคราะห์ได้จากการจับเวลาในการทำงานจริงแล้วนำมาเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการคำนวณค่าเวลามาตรฐาน (Method Time Measurement, MTM) จากนั้นจึงนำค่าที่ได้คำนวณออกมาในรูปของค่าร้อยละของความเร็วงาน การแบ่งระดับความเร็ว ค่าร้อยละของความเร็วงานในแต่ละระดับ ระดับคะแนน และค่าน้ำหนักคะแนน แสดงดังตารางที่ 3.8
- 6) ระยะเวลาในการทำงาน (Duration of Task per Day) การแบ่งระดับคะแนน และค่าน้ำหนักคะแนนของการทำงานต่อวัน แสดงดังตารางที่ 3.9

ตารางที่ 3.8 การแบ่งระดับความเร็ว ค่าร้อยละของความเร็วของงานแต่ละระดับ ระดับคะแนน และค่าน้ำหนักคะแนน

ระดับความเร็วงาน	ค่าร้อยละของ ความเร็วงาน	ระดับคะแนน	ค่าน้ำหนักคะแนน
ช้ามาก	≤ 80	1	1
ช้า	81-90	2	1
พอดี	91-100	3	1
เร็ว	101-115	4	1.5
เร็วมาก	>115	5	2

ตารางที่ 3.9 ระยะเวลาในการทำงาน ระดับคะแนน และค่าน้ำหนักคะแนน

ระยะเวลาการทำงานต่อวัน (ชั่วโมง)	ระดับคะแนน	ค่าน้ำหนักคะแนน
<1	1	0.25
1-2	2	0.5
2-4	3	0.75
4-8	4	1
≥ 8	5	1.5

3.4.7 การวิเคราะห์ท่าทางการทำงาน (Ovako Working Posture Analysis System, OWAS)

วิธีนี้ใช้ในการวิเคราะห์ความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บของร่างกาย ได้แก่ หลัง แขน ขา และการออกแรง ซึ่งคะแนนที่ได้จากการประเมินทุกส่วนจะนำมาใช้ประเมินคะแนนรวม ดังปรากฏในตารางที่ 3.10 คะแนนที่ได้บ่งบอกถึงความเร่งด่วนในการแก้ไขวิธีการทำงานดังนี้ คือ

- ก. คะแนนเท่ากับ 1 แสดงว่าไม่ต้องแก้ไขวิธีการทำงาน
- ข. คะแนนเท่ากับ 2 แสดงว่าควรมีการแก้ไขวิธีการทำงานโดยด่วน
- ค. คะแนนเท่ากับ 3 แสดงว่าควรมีการแก้ไขวิธีการทำงานโดยเร็วที่สุดเท่าที่จะทำได้

ง. คะแนนเท่ากับ 4 แสดงว่าควรแก้ไขวิธีการทำงานทันที

ภายหลังจากการรวมคะแนน หากพบว่าระดับคะแนนเท่ากับ 4 หมายความว่าวิธีการทำงานนั้นมีความเสี่ยงที่อาจเกิดอาการบาดเจ็บ ควรแก้ไขวิธีการทำงานทันที

ตารางที่ 3.10 ระดับคะแนนของทั้ง 4 ปัจจัย และคะแนนรวมจากทั้ง 4 ปัจจัย (ดัดแปลงจาก Karhu *et al*,1977)

หลัง	แขน	1			2			3			4			5			6			7			ขา น้ำหนัก ขนย้าย
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	
	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	
	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	3	2	2	3	1	1	1	1	1	2	
2	1	2	2	3	2	2	3	2	2	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	3	3	
	2	2	2	3	2	2	3	2	3	3	3	4	4	3	4	4	3	3	4	2	3	4	
	3	3	3	4	2	2	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4	
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3	3	3	4	4	4	1	1	1	1	1	1	
	2	2	2	3	1	1	1	1	1	2	4	4	4	4	4	4	3	3	3	1	1	1	
	3	2	2	3	1	1	1	2	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	1	1	
4	1	2	3	3	2	2	3	2	2	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4	
	2	3	3	4	2	3	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4	
	3	4	4	4	2	3	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4	

ตารางที่ 3.11 ปัจจัยความเสี่ยง ระดับคะแนน และท่าทางการทำงาน

ปัจจัย	ระดับคะแนน	ท่าทางการทำงาน
หลัง	1	หลังตรง
	2	ก้ม/งอหลัง
	3	บิดหลัง/ลำตัว
	4	ก้ม/งอหลังและบิดหลัง/ลำตัว
แขน	1	แขนทั้งสองข้างอยู่ต่ำกว่าระดับหัวไหล่
	2	แขนอยู่ระดับหัวไหล่หรือเหนือหัวไหล่หนึ่งข้าง
	3	แขนอยู่ระดับหัวไหล่หรือเหนือหัวไหล่ทั้งสองข้าง
ขา	1	นั่ง
	2	ยืนตรงทั้งสองขา
	3	ยืนตรงขาเดียว
	4	ยืนงอเข้าทั้งสองขา
	5	ยืนงอเข้าขาเดียว
	6	คุกเข่าทั้งข้างเดียวและสองข้าง
	7	เดินและเคลื่อนย้าย
การออกแรงยก	1	น้อยกว่า 10 กิโลกรัม
	2	น้ำหนักตั้งแต่ 10 ถึง 20 กิโลกรัม
	3	น้ำหนักมากกว่า 20 กิโลกรัม

การให้คะแนนในแต่ละปัจจัยประเมินได้จากลักษณะท่าทางของการทำงานในแต่ละปัจจัยนั้น ๆ โดยคะแนนท่าทางหลัง แบ่งเป็น 4 ระดับ คะแนนท่าทางแขน แบ่งเป็น 3 ระดับ คะแนนท่าทางขา แบ่งเป็น 7 ระดับ และคะแนนการออกแรงยก แบ่งเป็น 3 ระดับ ลักษณะการแบ่งระดับคะแนนของปัจจัยทั้ง 4 ปัจจัย แสดงดังตารางที่ 3.11

3.4.8 แบบประเมินส่วนของร่างกายทั้งหมดอย่างรวดเร็ว (Rapid Entire Body Assessment, REBA)

แบบประเมินส่วนของร่างกายทั้งหมดอย่างรวดเร็ว (REBA) เหมาะกับการประเมินการทำงานที่มีการใช้งานทั้งร่างกาย ทั้งในรูปแบบการทำงานที่เคลื่อนที่และหยุดนิ่ง ในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการประเมินจากรูปถ่ายของท่าทางการทำงานคอนกรีตทั้ง 3 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนการตัก ขั้นตอนการส่ง และขั้นตอนการเท ทั้งการงานคอนกรีตในแนวระนาบและการงานคอนกรีตในแนวตั้ง โดยใช้แบบในการประเมินซึ่งถูกพัฒนามาจาก Hignett และ

McAtamney (2000) ดังแสดงในภาคผนวก ข การประเมินส่วนของร่างกายทั้งหมดอย่างรวดเร็วได้แบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่ม A เป็นการวิเคราะห์ส่วนคอ ลำตัว และขา กลุ่ม B เป็นการวิเคราะห์ส่วนแขน และข้อมือ

ขั้นตอนในการประเมินส่วนของร่างกายทั้งหมดอย่างรวดเร็ว มีขั้นตอน ดังนี้

การวิเคราะห์กลุ่ม A

1) ทำการวิเคราะห์ท่าทางของคอในขณะทำงาน ดังรูปที่ 3.10(a) โดยมีการให้คะแนน ดังนี้

- ให้คะแนน +1 เมื่อมีการก้มคอทำมุม $0-20^{\circ}$ ในขณะทำงาน
- ให้คะแนน +2 เมื่อมีการก้มคอมากกว่า 20° ในขณะทำงาน
- ให้คะแนน +2 เมื่อมีการเงยหน้าขึ้นไปทางด้านหลัง ในขณะทำงาน

ให้คะแนนเพิ่ม +1 เมื่อมีการหมุนคอ และ/หรือ +1 เมื่อมีการเอียงคอ

2) ทำการวิเคราะห์ท่าทางของหลังในขณะทำงาน ดังรูปที่ 3.10(b) โดยมีการให้คะแนน ดังนี้

- ให้คะแนน +1 เมื่อลำตัวอยู่ในแนวปกติ (หลังตรง) ในขณะทำงาน
- ให้คะแนน +2 เมื่อมีการแอ่นลำตัวไปด้านหลัง ในขณะทำงาน
- ให้คะแนน +2 เมื่อมีการก้มลำตัวไปด้านหน้าทำมุม $0-20^{\circ}$ ในขณะทำงาน
- ให้คะแนน +3 เมื่อมีการก้มลำตัวไปด้านหน้าและทำมุม $20-60^{\circ}$ ในขณะทำงาน
- ให้คะแนน +4 เมื่อมีการก้มลำตัวไปด้านหน้าทำมุมมากกว่า 60° ในขณะทำงาน

ให้คะแนนเพิ่ม +1 เมื่อมีการหมุนลำตัว และ/หรือ +1 เมื่อมีการเอียงลำตัว

3) ทำการวิเคราะห์ท่าทางของขาในขณะทำงาน ดังรูปที่ 3.10(c) โดยมีการให้คะแนน ดังนี้

- ให้คะแนน +1 เมื่อมีการลงน้ำหนักและยืนด้วยเท้าทั้งสองข้าง ในขณะทำงาน
- ให้คะแนน +2 เมื่อมีการลงน้ำหนักและยืนด้วยเท้าเพียงข้างเดียว ในขณะทำงาน

ให้คะแนนเพิ่ม +1 เมื่อมีการย่อเข่าทำมุม $30-60^{\circ}$ หรือ +2 เมื่อมีการย่อเข่าทำมุมมากกว่า 60°

- 4) ทำการเปิดตาราง A ดังตารางที่ 3.12(a) เพื่อวิเคราะห์คะแนน โดยใช้คะแนนจากขั้นตอนที่ 1 2 และ 3 มาเปิดตาราง
- 5) วิเคราะห์แรงที่ใช้ โดยกำหนดให้
 - ก. ให้คะแนน +0 เมื่อแรงที่ใช้น้อยกว่า 11 ปอนด์
 - ข. ให้คะแนน +1 เมื่อแรงที่ใช้อยู่ระหว่าง 11 ถึง 22 ปอนด์
 - ค. ให้คะแนน +2 เมื่อแรงที่ใช้มากกว่า 22 ปอนด์
 ให้คะแนนเพิ่ม +1 ถ้าแรงเป็นแบบกระแทกหรือกระชากเร็ว ๆ
- 6) รวมคะแนนกลุ่ม A (ขั้นตอนที่ 1-5) เพื่อใช้เปิดตาราง C ดังตารางที่ 3.12(c) การวิเคราะห์กลุ่ม B
 - 7) ทำการวิเคราะห์ท่าทางของแขนส่วนบนในขณะทำงาน ดังรูปที่ 3.10(d) โดยมีการให้คะแนน ดังนี้
 - ให้คะแนน +1 เมื่อแขนส่วนบนอยู่ในแนวปกติ (แนบข้างลำตัว) หรือแกว่งทำมุมในช่วง 20° ทั้งด้านหน้าและด้านหลัง ในขณะทำงาน
 - ให้คะแนน +2 เมื่อแขนส่วนบนแกว่งไปด้านหลังทำมุมมากกว่า 20° ในขณะทำงาน
 - ให้คะแนน +2 เมื่อแขนส่วนบนแกว่งไปด้านหน้าทำมุม $20-45^{\circ}$ ในขณะทำงาน
 - ให้คะแนน +3 เมื่อแขนส่วนบนแกว่งไปด้านหน้าทำมุม $45-90^{\circ}$ ในขณะทำงาน
 - ให้คะแนน +4 เมื่อแขนส่วนบนแกว่งไปด้านหน้าทำมุมมากกว่า 90° ในขณะทำงาน
 ให้คะแนนเพิ่ม +1 เมื่อมีการยกหัวไหล่ และ/หรือ +1 เมื่อมีการกางหัวไหล่ และ/หรือ +1 เมื่อแขนมีที่สำหรับวางพาดได้
 - 8) ทำการวิเคราะห์ท่าทางของแขนส่วนล่างในขณะทำงาน ดังรูปที่ 3.10(e) โดยมีการให้คะแนน ดังนี้
 - ให้คะแนน +1 เมื่อแขนส่วนล่างทำมุม $60-100^{\circ}$ ในขณะทำงาน
 - ให้คะแนน +2 เมื่อแขนส่วนล่างทำมุม $0-60^{\circ}$ และ มากกว่า 100° ในขณะทำงาน

9) ทำการวิเคราะห์ท่าทางของข้อมือในขณะทำงาน ดังรูปที่ 3.10(f) โดยมีการให้คะแนน ดังนี้

- ให้คะแนน +1 เมื่อมือทำมุมขึ้นหรือลงอยู่ระหว่าง 15° ในขณะทำงาน
- ให้คะแนน +2 เมื่อมือทำมุมขึ้นหรือลงมากกว่า 15° ในขณะทำงาน

ให้คะแนนเพิ่ม +1 เมื่อมีการหมุนข้อมือ และ/หรือ +1 เมื่อมีการเอียงข้อมือ

10) ทำการเปิดตาราง B ดังตารางที่ 3.12(b) เพื่อวิเคราะห์คะแนน โดยใช้คะแนนจากขั้นตอนที่ 7 8 และ 9 มาเปิดตาราง

11) วิเคราะห์การจับยึดวัตถุ โดยกำหนดให้

- ก. ให้คะแนน +0 เมื่อมีมือจับยึดทำได้รอบถนัดมือ (Good)
- ข. ให้คะแนน +1 เมื่อมีมือจับแต่ไม่เหมาะสม ทำได้ไม่รอบ (Fair)
- ค. ให้คะแนน +2 เมื่อไม่มีมือจับแต่สามารถงอนิ้วมือได้ (Poor)
- ง. ให้คะแนน +3 เมื่อไม่มีมือจับ วัตถุเป็นก้อนกลมใหญ่ วัตถุเปลี่ยนรูปได้จับยึดลำบาก (Unacceptable)

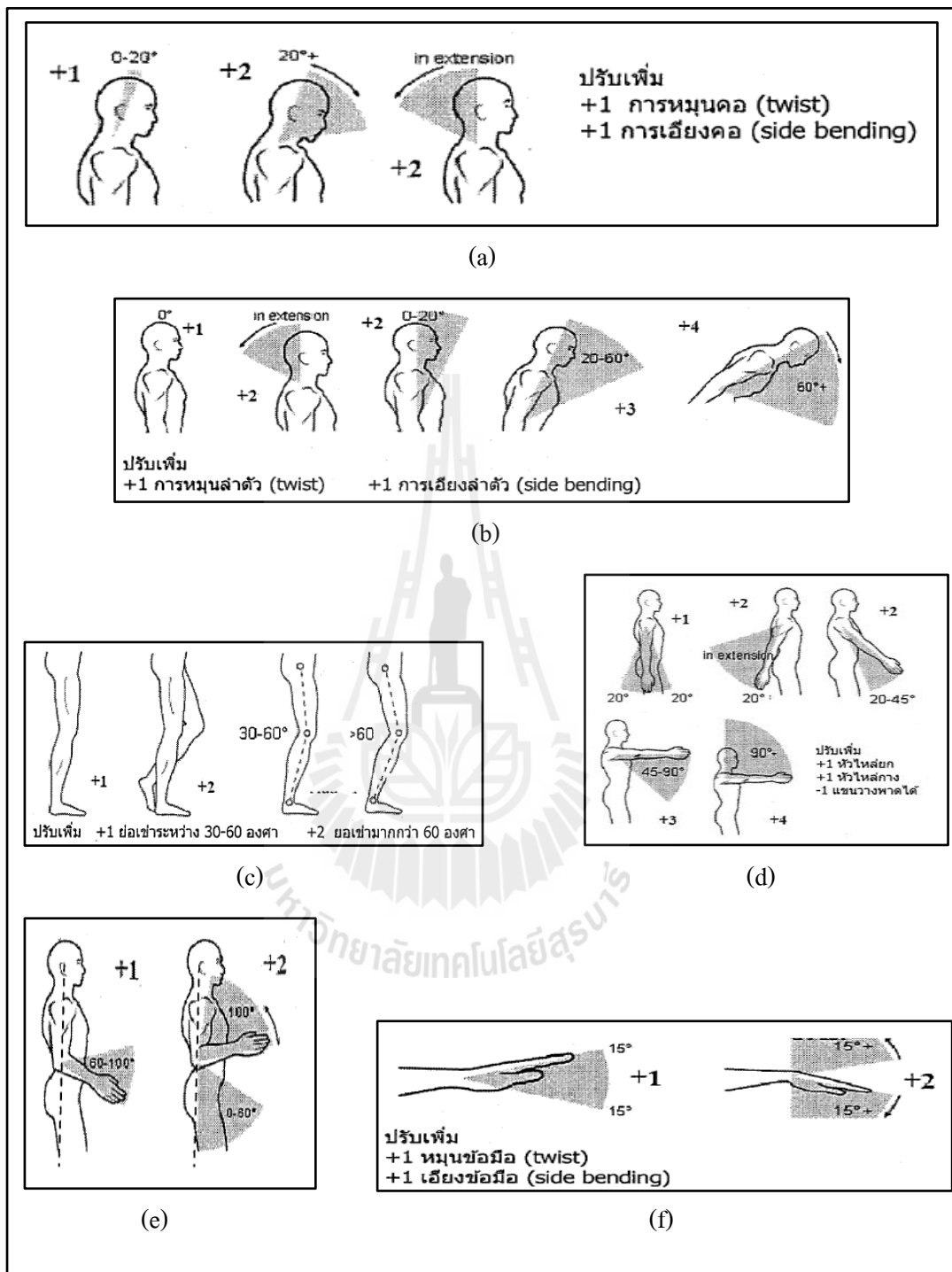
12) รวมคะแนนกลุ่ม B (ขั้นตอนที่ 7-11) เพื่อใช้เปิดตาราง C ดังตารางที่ 3.12(c)

13) วิเคราะห์การเคลื่อนไหวในการทำงาน

- ก. ให้คะแนน +1 เมื่อร่างกายส่วนใดส่วนหนึ่งอยู่กับที่นานกว่า 1 นาที
- ข. ให้คะแนน +1 เมื่อเคลื่อนไหวช้า ๆ มากกว่า 4 ครั้งต่อนาที
- ค. ให้คะแนน +1 เมื่อการเปลี่ยนท่าทางร่างกายมากและเร็ว การทรงตัวไม่ดี

คะแนนความเสี่ยงรวมคำนวณได้ จากสมการ 3.6

$$\text{คะแนนความเสี่ยง} = \text{คะแนนจากตาราง C} + \text{คะแนนจากขั้นตอนที่ 13} \quad (3.6)$$



รูปที่ 3.10 ท่าทางส่วนต่างๆ ของร่างกาย (นริศ เจริญพร และคณะ, 2555)

คะแนนความเสี่ยงรวมที่ได้ บ่งบอกถึงความเสี่ยงของท่าทางการทำงานใน
ขั้นตอนนั้น ระดับความเสี่ยง และความหมาย แสดงดังตารางที่ 3.13

ตารางที่ 3.13 ระดับคะแนนความเสี่ยงโดยการประเมินด้วย REBA

คะแนน	ระดับความเสี่ยง	ความหมาย
1	เล็กน้อยจนละทิ้งได้	ท่าทางการทำงานนั้นยอมรับได้
2-3	น้อย	ท่าทางการทำงานนั้นยังต้องมีการปรับปรุง
4-7	ปานกลาง	ท่าทางการทำงานนั้นควรได้รับการปรับปรุง และวิเคราะห์เพิ่มเติม
8-10	สูง	ท่าทางการทำงานนั้นมีปัญหาทางการยศาสตร์ ต้องได้รับการปรับปรุงโดยเร็ว
11-15	สูงมาก	ท่าทางการทำงานนั้นมีปัญหาทางการยศาสตร์ ต้องได้รับการปรับปรุงโดยทันที

3.4.9 การวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (Electromyography, EMG)

การวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ เป็นวิธีการที่ใช้ในการวัดการออกแรงของกล้ามเนื้อ
ส่วนต่าง ๆ

ขั้นตอนการวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ

- 1) ทำความสะอาดบริเวณกล้ามเนื้อต่าง ๆ ด้วยแอลกอฮอล์
- 2) ติดอิเล็กโทรดแบบแผ่นลงบนกล้ามเนื้อ จากนั้นปรับตั้งค่าพารามิเตอร์ในการวัด บนเครื่องรับสัญญาณคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ
- 3) วัดค่าการออกแรงของกล้ามเนื้อสูงสุด (Maximal Voluntary Contraction, MVC) ของผู้ถูกทดสอบคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ โดยใช้วิธีของ Konrad (2005)
- 4) นำผู้ถูกทดสอบแต่ละคนทำการปฏิบัติงานคอนกรีตตามสถานีทั้ง 3 สถานี (ตัก, ส่ง, เท) โดยให้ผู้ถูกทดสอบได้ลองปฏิบัติงานสถานีละ 30 รอบการทำงาน ลำดับของการปฏิบัติงานแต่ละสถานีเป็นไปโดยการสุ่ม
- 5) จับเวลาในการทำงานแต่ละรอบการทำงาน พร้อมทั้งบันทึกค่าการออกแรงของกล้ามเนื้อส่วนต่าง ๆ

- 6) ใช้แบบสอบถามความรู้สึกเมื่อยล้าของร่างกาย เพื่อประเมินความรู้สึกปวดเมื่อยล้า หรือเจ็บปวดกล้ามเนื้อของผู้เข้าร่วมการทดสอบ

การตั้งค่าพารามิเตอร์เครื่อง EMG

1) Measurement Mode

Saving Form :	Aver. Online
Sampling Rate :	1000 Hz
Number of Channels :	1-4 (แล้วแต่ความเหมาะสม)
Research Code :	Off
Ram Card Size :	1 MB

2) Print Mode

Unload :	Fiber Optic Transfer
Transfer Rate :	14400 baud

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับการออกแรงของกล้ามเนื้อส่วนต่าง ๆ โดยทำการวัดกล้ามเนื้อด้วยเครื่องวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อชนิดติดผิวหนัง (Surface Electromyography, sEMG) เพื่อประเมินการใช้แรงของกล้ามเนื้อบริเวณที่ต้องออกแรงในการทำงานซึ่งมีหน่วยเป็น ไมโครโวลต์ (μ /Volt) ในการทดสอบคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อชนิดติดผิวหนังได้ทำการคัดเลือกผู้ถูกทดสอบ จำนวน 15 ตัวอย่าง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบการออกแรงกล้ามเนื้อในการทำงาน ด้วยการวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ ซึ่งได้ทำการวิเคราะห์แรงของกล้ามเนื้อ 4 ชุด ดังต่อไปนี้

1. กล้ามเนื้อไบเซพ (Biceps) ด้านขวา
2. กล้ามเนื้อเดลทอยด์ (Deltoid) ด้านขวา
3. กล้ามเนื้อทราพีเซียส (Trapezius) ด้านขวา
4. กล้ามเนื้อเอริคเตอร์สไปนา (Erector Spinae) ด้านขวา

การทดสอบนี้ได้จำลองการทำงานคอนกรีตของผู้ใช้แรงงานในการก่อสร้างอาคาร เพื่อให้ผู้ถูกทดสอบปฏิบัติงานได้ใกล้เคียงการทำงานจริงให้มากที่สุด การทดสอบได้แบ่งเป็น 3 ขั้นตอน ได้แก่ 1. ขั้นตอนการตัก 2. ขั้นตอนการส่ง (แนวระนาบ, แนวคิง) และ 3. ขั้นตอนการเท

การวัดกล้ามเนื้อไฟฟ้าในการทดสอบนี้มีการวัดการออกแรงสูงสุดของกล้ามเนื้อ (Maximal Voluntary Contraction, MVC) ทั้ง 4 ชุด และวัดการออกแรงของกล้ามเนื้อแต่ละชุด ในขณะทำงาน เพื่อนำมาคำนวณหาค่าร้อยละของการออกแรงสูงสุด (%MVC) ของกล้ามเนื้อทั้ง 4 ชุด ซึ่งสามารถคำนวณได้จาก สมการที่ 3.7

$$\%MVC = \frac{\text{ค่าการออกแรงของกล้ามเนื้อในขณะปฏิบัติงาน}}{\text{ค่า MVC ของกล้ามเนื้อ}} \times 100 \quad (3.7)$$

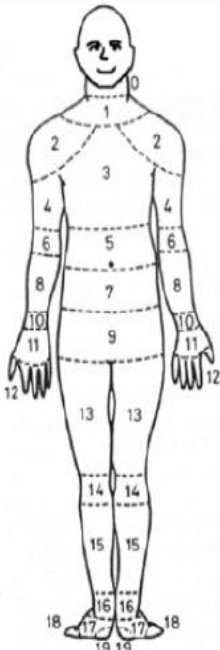
ค่าร้อยละของการออกแรงสูงสุดที่คำนวณได้ แสดงถึงระดับการออกแรงของกล้ามเนื้อนั้น ๆ ในการทำงานแต่ละขั้นตอน ภายหลังจากคำนวณค่าร้อยละของการออกแรงสูงสุดของกล้ามเนื้อแต่ละชุดแล้ว จึงทำการปรับปรุงการทำงาน เพื่อลดภาระงานของกล้ามเนื้อในการทำงาน พร้อมทั้งทำการวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อชุดต่าง ๆ หลังจากปรับปรุงออกแบบการทำงานใหม่ เพื่อตรวจสอบว่าภาระงานของกล้ามเนื้อลดลงจริงหรือไม่

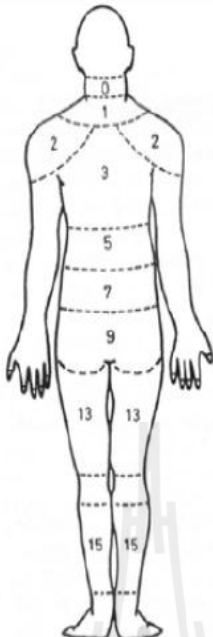
3.4.10 แบบสอบถามความรู้สึกเมื่อยล้าของร่างกาย (Body Discomfort Map)

แบบสอบถามความรู้สึกเมื่อยล้าของร่างกายที่ใช้ในการศึกษานี้ พัฒนาโดย Corlett และ Bishop (1976) การสำรวจความเมื่อยล้าจากการทำงานของผู้ถูกทดสอบ ทำหลังจากผู้ถูกทดสอบได้ปฏิบัติงานตามขั้นตอนต่าง ๆ โดยมีท่าทางการทำงานที่เหมือนการทำงานจริงของผู้ใช้แรงงานในงานคอนกรีต ผู้ถูกทดสอบแต่ละคนได้ทำการทดสอบทั้งหมด 3 ขั้นตอน ได้แก่ การตัก การส่ง (แนวระนาบ, แนวตั้ง) และการเท โดยได้ทำการทดสอบขั้นตอนละ 30 รอบการทำงาน

แบบสอบถามความรู้สึกเมื่อยล้าของร่างกาย ภายในแบบสอบถามจะเป็นการสอบถามความรู้สึกเมื่อยล้าในกล้ามเนื้อส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย ดังรูป 3.11 ซึ่งคะแนนทางด้านขวามือใช้ในการบ่งบอกถึงระดับความเมื่อยล้าของร่างกายส่วนต่าง ๆ

แบบสอบถามความรู้สึกเมื่อยล้าของร่างกาย





หมายเลข

ระดับความปวดเมื่อย

0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
6	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
7	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
8	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
10	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
12	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
13	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
14	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
15	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
16	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
17	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
18	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
19	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ศีรษะ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ตา	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
หู	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ฝ่าเท้า	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ระบุ.....	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ระบุ.....	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ระบุ.....	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ระบุ.....	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

รูปที่ 3.11 แบบสอบถามความรู้สึกเมื่อยล้าของร่างกาย (ดัดแปลงจาก Corlett and Bishop, 1976)

ตัวเลขที่กำกับในรูปที่ 3.11 บ่งบอกถึงส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย ดังต่อไปนี้

- 1) ร่างกายส่วนที่ 0 คือ คอ (Nape, Scruff)
- 2) ร่างกายส่วนที่ 1 คือ คอ (Neck)
- 3) ร่างกายส่วนที่ 2 คือ หัวไหล่ (Shoulders)
- 4) ร่างกายส่วนที่ 3 คือ หลังส่วนบน (Upper Back)
- 5) ร่างกายส่วนที่ 4 คือ แขนส่วนบน (Upper Arms)
- 6) ร่างกายส่วนที่ 5 คือ หลังส่วนกลาง (Mid Back)
- 7) ร่างกายส่วนที่ 6 คือ ข้อศอก (Elbows)
- 8) ร่างกายส่วนที่ 7 คือ หลังส่วนล่าง (Lower Back)
- 9) ร่างกายส่วนที่ 8 คือ แขนส่วนล่าง (Lower Arms)
- 10) ร่างกายส่วนที่ 9 คือ สะโพก (Buttocks)
- 11) ร่างกายส่วนที่ 10 คือ ข้อมือ (Wrists)
- 12) ร่างกายส่วนที่ 11 คือ ฝ่ามือ (Palms)
- 13) ร่างกายส่วนที่ 12 คือ นิ้วมือ (Fingers)

- 14) ร่างกายส่วนที่ 13 คือ ต้นขา (Thighs)
- 15) ร่างกายส่วนที่ 14 คือ หัวเข่า (Knees)
- 16) ร่างกายส่วนที่ 15 คือ ขา (Legs)
- 17) ร่างกายส่วนที่ 16 คือ ข้อเท้า (Ankles)
- 18) ร่างกายส่วนที่ 17 คือ ฝ่าเท้า (Soles)
- 19) ร่างกายส่วนที่ 18 คือ นิ้วเท้า (Toes)
- 20) ร่างกายส่วนที่ 19 คือ ส้นเท้า (Heels)

การให้คะแนนความรู้สึกเมื่อยล้าเป็นระบบสเกลจาก 0-10 คะแนน ความหมายของแต่ละคะแนนได้ดัดแปลงมาจาก การประเมินความรู้สึกเหนื่อยจากการออกกำลังกาย โดยใช้สเกลดัดแปลงจากสเกลความเหนื่อยของบอร์ก (Modified Borg Scale) แสดงดังตารางที่ 3.14

ตารางที่ 3.14 คะแนน และระดับความเมื่อยล้า

Borg Scale	ระดับความเมื่อย
0	ไม่เมื่อยเลย
1	เมื่อยน้อยมาก
2	เมื่อยเล็กน้อย
3	เมื่อยปานกลาง
4	เมื่อยค่อนข้างมาก
5	เมื่อยอย่างมาก
6	เมื่อยอย่างมาก ๆ
7	
8	
9	เมื่อยมากเกือบที่สุด
10	เมื่อยมากที่สุดจนทนไม่ไหว

เมื่อผู้ถูกทดสอบแต่ละคนทำการประเมินความรู้สึกเมื่อยล้าของร่างกายแล้ว หลังจากนั้นจึงทำการวิเคราะห์ผล โดยคำนวณค่าร้อยละของความรู้สึกเมื่อยล้าของร่างกายแต่ละส่วน

บทที่ 4

ผลการวิจัยและการวิเคราะห์ผล

บทนี้เป็นบรรยายถึงผลการเก็บและวิเคราะห์ข้อมูล โดยแบ่งเป็นหัวข้อดังนี้

- 4.1 การศึกษาลักษณะการทำงานคอนกรีตในการก่อสร้างอาคาร
- 4.2 การวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับการบาดเจ็บตามร่างกายของผู้ใช้แรงงานในงานคอนกรีตด้วยแบบสอบถามมาตรฐานนอร์ดิค
- 4.3 การประเมินผลกระทบจากการทำงานที่มีต่อร่างกาย โดยวัดจากอัตราการเต้นของหัวใจ
- 4.4 การวิเคราะห์ความแปรปรวน โดยการวิเคราะห์จากอัตราการการเต้นของหัวใจที่เพิ่มขึ้นจากการทำงาน
- 4.5 ค่าดัชนีความเครียด
- 4.6 การวิเคราะห์ท่าทางการทำงาน
- 4.7 การวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ
- 4.8 แบบสอบถามความรู้สึกเมื่อยล้าของร่างกาย

4.1 การศึกษาลักษณะการทำงานคอนกรีตในการก่อสร้างอาคาร

4.1.1 การวิเคราะห์การทำงานคอนกรีตในการก่อสร้างอาคาร

จากการศึกษางานคอนกรีตของการก่อสร้างอาคาร พบว่าในงานโครงสร้างต้องใช้แรงงานคนในการทำโครงสร้างของอาคารทั้งหมด โดยเริ่มตั้งแต่โครงสร้างของฐานราก อันได้แก่ การลงเสาเข็ม และการหล่อตอม่อ เพื่อรองรับโครงสร้างของเสาและคานาที่จะต้องทำอย่างต่อเนื่องเป็นขั้นตอน การก่อสร้างอาคารส่วนใหญ่ หรือผู้รับเหมาก่อสร้างรายเล็กและกลางยังคงต้องใช้แรงงานคนในการดำเนินงานโครงสร้างนี้ ซึ่งงานโครงสร้างส่วนใหญ่เป็นการทำงานคอนกรีต ดังนั้นผู้ใช้แรงงานจึงต้องใช้การออกแรงของกล้ามเนื้อเป็นอย่างมากในการทำงานคอนกรีต จากการสังเกตการทำงานคอนกรีต พบว่าผู้ใช้แรงงานต้องทำงานคอนกรีตต่อเนื่องกันเป็นระยะเวลา 1-2 ชั่วโมง ในการหล่อตอม่อหรือหล่อเสา จำนวน 16-20 ต้น ซึ่งเป็นจำนวนเสาสำหรับบ้านพัก 2 ชั้นโดยมีการพักการทำงานเพียงช่วงที่รอการเทคอนกรีตจากรถขนส่งคอนกรีตเท่านั้น เนื่องจากถ้าใช้เวลาในการทำงานนานจะมีผลต่อการแข็งตัวของคอนกรีต ขั้นตอนการทำงานคอนกรีตในการหล่อตอม่อ และหล่อเสา สามารถแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนการตักคอนกรีต ขั้นตอนการ

ส่งคอนกรีต และขั้นตอนการเทคอนกรีต นอกจากนี้ยังแบ่งการทำงานออกเป็น 2 แบบคือ การทำงานคอนกรีตในแนวระนาบ และการทำงานคอนกรีตในแนวดิ่ง การทำงานคอนกรีตในแนวระนาบใช้กับการหล่อตอม่อ และการทำงานคอนกรีตในแนวดิ่งใช้กับการหล่อเสา การทำงานทั้ง 3 ขั้นตอนนี้มีการทำงานกันอย่างต่อเนื่อง ดังรูปที่ 4.1 และ 4.2



รูปที่ 4.1 ขั้นตอนการทำงานคอนกรีตในแนวระนาบ

รูปที่ 4.1 ขั้นตอนการทำงานคอนกรีตในแนวระนาบ แบ่งเป็นขั้นตอนย่อยดังนี้

- 1) ขั้นตอนการตักคอนกรีตจากกระบะใส่คอนกรีต
- 2) ขั้นตอนการส่งคอนกรีตไปยังผู้ใช้แรงงานคนถัดไป
- 3) ขั้นตอนการเทคอนกรีตลงไปยังแบบที่ใช้ในการหล่อตอม่อ



รูปที่ 4.2 ขั้นตอนการทำงานคอนกรีตในแนวดิ่ง

รูปที่ 4.2 แสดงขั้นตอนการทำงานคอนกรีตในแนวดิ่ง แบ่งเป็นขั้นตอนย่อยดังนี้

- 1) ขั้นตอนการตัดคอนกรีตจากกระบะใส่คอนกรีต
- 2) ขั้นตอนการส่งคอนกรีตไปยังผู้ใช้งานคนถัดไป (ส่งในแนวดิ่งสูงจากพื้นดินประมาณ 170 เซนติเมตร)
- 3) ขั้นตอนการเทคอนกรีตลงไปยังแบบที่ใช้ในการหล่อเสา

4.1.2 สภาพแวดล้อมของการทำงาน

การทำงานคอนกรีตในการก่อสร้างโดยส่วนใหญ่เป็นการทำงานกลางแจ้ง และมีการทำงานที่ต่อเนื่องกัน จนกระทั่งเทคอนกรีตเพื่อหล่อค่อมหรือเสาจนครบทุกต้น ในการศึกษาการทำงานคอนกรีตในการก่อสร้างครั้งนี้ได้ทำการศึกษาในช่วง เดือนมีนาคม ถึง เดือนพฤษภาคม ซึ่งอยู่ในช่วงฤดูร้อน โดยมีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 35.0–39.9 องศาเซลเซียส (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2555)

4.1.3 การวิเคราะห์กิจกรรมในแต่ละขั้นตอน และวงรอบเวลาการทำงาน

การทำงานในขั้นตอนต่าง ๆ ของงานคอนกรีตในการก่อสร้างอาคารสามารถแบ่งกิจกรรมในแต่ละขั้นตอนได้ ดังนี้

การทำงานคอนกรีตในแนวระนาบ

1. ขั้นตอนการตัด สามารถแบ่งกิจกรรมได้ ดังนี้
 - 1.1 ก้มตัวลงเพื่อหยิบถังที่ใช้ตัดคอนกรีต
 - 1.2 ตักคอนกรีตที่อยู่ในกระบะผสมคอนกรีต
 - 1.3 นำคอนกรีตที่ตักเทลงในถังเปล่าเพื่อส่งให้ขั้นตอนต่อไป
2. ขั้นตอนการส่ง สามารถแบ่งกิจกรรมได้ ดังนี้
 - 2.1 ก้มตัวเพื่อหยิบถังที่ถูกเทคอนกรีตไว้แล้ว (มือขวา)
 - 2.2 ยกและบิดลำตัวเพื่อส่งคอนกรีตให้คนถัดไปที่อยู่ด้านข้าง (มือขวา)
 - 2.3 ส่งถังที่มีคอนกรีตให้คนถัดไปและปล่อยมือจากถัง (มือขวา)
3. ขั้นตอนการเท สามารถแบ่งกิจกรรมได้ ดังนี้
 - 3.1 บิดตัวเพื่อรับถังจากคนก่อนหน้า (มือขวา)
 - 3.2 ใช้ทั้งสองมือเพื่อประคองถังในการเท
 - 3.3 เทคอนกรีตลงยังแบบที่ใช้หล่อค่อม

การทำงานคอนกรีตในแนวดิ่ง

1. ขั้นตอนการตัด สามารถแบ่งกิจกรรมได้ ดังนี้
 - 1.1 ก้มตัวลงเพื่อหยิบถังที่ใช้ตัดคอนกรีต
 - 1.2 ตักคอนกรีตที่อยู่ในกระบะผสมคอนกรีต

- 1.3 นำคอนกรีตที่ตักเทลงในถังเปล่าเพื่อส่งให้ขั้นตอนต่อไป
2. ขั้นตอนการส่ง สามารถแบ่งกิจกรรมได้ ดังนี้
 - 2.1 ก้มตัวเพื่อหยิบถังที่ถูกเทคอนกรีตไว้แล้ว (มือขวา)
 - 2.2 ยกและบิดลำตัวเพื่อส่งคอนกรีต โดยยกถังขึ้นในแนวตั้ง ความสูงประมาณ 170 เซนติเมตร (มือขวา)
 - 2.3 ส่งถังให้คนเทคอนกรีตที่อยู่บนนั่งร้านและปล่อยมือจากถัง (มือขวา)
3. ขั้นตอนการเท สามารถแบ่งกิจกรรมได้ ดังนี้
 - 3.1 ก้มตัวลงเพื่อรับถังจากคนส่งคอนกรีต (มือขวา)
 - 3.2 ยกและบิดลำตัว เพื่อหันไปยังแบบที่ใช้หล่อเสา ใช้ทั้งสองมือเพื่อประคองถังในการเท
 - 3.3 ยกถังที่ใส่คอนกรีตให้อยู่เหนือปลายแบบที่ใช้หล่อเสา เทคอนกรีตลงยังแบบที่ใช้หล่อเสา

การทำงานแต่ละขั้นตอนของการทำงานคอนกรีตในแนวระนาบ และแนวตั้ง สามารถหาจนวนรอบเวลาการทำงานในแต่ละขั้นตอนได้ ดังนี้

การทำงานคอนกรีตในแนวระนาบ

1. ขั้นตอนการตัก มีจนวนรอบเวลาการทำงาน 1 รอบ เป็นเวลา 3.70 วินาที
2. ขั้นตอนการส่ง มีจนวนรอบเวลาการทำงาน 1 รอบ เป็นเวลา 2.64 วินาที
3. ขั้นตอนการเท มีจนวนรอบเวลาการทำงาน 1 รอบ เป็นเวลา 2.67 วินาที

การทำงานคอนกรีตในแนวตั้ง

1. ขั้นตอนการตัก มีจนวนรอบเวลาการทำงาน 1 รอบ เป็นเวลา 4.19 วินาที
2. ขั้นตอนการส่ง มีจนวนรอบเวลาการทำงาน 1 รอบ เป็นเวลา 5.02 วินาที
3. ขั้นตอนการเท มีจนวนรอบเวลาการทำงาน 1 รอบ เป็นเวลา 5.00 วินาที

4.2 การวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับการเจ็บปวดตามร่างกายของผู้ใช้แรงงานในงานคอนกรีตด้วยแบบสอบถามมาตรฐานนอร์ดิก

จากผลการสำรวจข้อมูลการบาดเจ็บตามร่างกายของผู้ใช้แรงงานในงานคอนกรีตจำนวน 21 คน พบว่าการทำงานคอนกรีตมีผลกระทบต่อหลังส่วนล่างร้อยละ 100 ของผู้ใช้งานทั้งหมด มีผลกระทบต่อต้นขาร้อยละ 92.86 ของผู้ใช้งานทั้งหมด และมีผลกระทบต่อหัวไหล่และข้อมือ/

มือร้อยละ 71.43 ของผู้ใช้แรงงานทั้งหมด มีผลกระทบต่อขาและเท้าร้อยละ 66 ของผู้ใช้แรงงานทั้งหมด มีผลกระทบต่อหลังส่วนบนร้อยละ 57.40 ของผู้ใช้แรงงานทั้งหมด มีผลกระทบต่อเข่า

ข้อศอก และคอร้อยละ 52.40 ของผู้ใช้แรงงานทั้งหมด ข้อมูลทั้งหมดแสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการสำรวจข้อมูลพื้นฐานของผู้ใช้แรงงาน

ส่วนของร่างกาย	ความถี่	
	จำนวน(คน)	ร้อยละ
คอ	11	52.40
หัวไหล่	15	71.43
ข้อศอก	11	52.40
ข้อมือ/มือ	15	71.43
หลังส่วนบน	12	57.14
หลังส่วนล่าง	21	100.00
ต้นขา	19	92.86
เข่า	11	52.40
ขา/เท้า	14	66.67

4.3 การประเมินผลกระทบจากการทำงานที่มีต่อร่างกาย โดยวัดจากอัตราการเต้นของหัวใจ

4.3.1 การวิเคราะห์อัตราการเต้นของหัวใจ

การวิเคราะห์อัตราการเต้นของหัวใจเป็นการวัดอัตราการเต้นของหัวใจในขณะที่ทำงาน แล้วนำมาเปรียบเทียบกับข้อเสนอแนะของ Brouha (1967) ซึ่งได้ให้คำแนะนำไว้ว่า ในการทำงานไม่ควรให้ค่าอัตราการเต้นของหัวใจมากกว่า 110 ครั้งต่อนาที เพราะจะมีความเสี่ยงที่จะเกิดความเสี่ยงของระบบหมุนเวียนโลหิต ซึ่งอาจทำให้เกิดอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงานได้

ข้อมูลในตารางที่ 4.2-4.4 แสดงผลอัตราการเต้นของหัวใจในขณะที่พักก่อนการทำงาน 15 นาที ขณะทำงาน และหลังจากการทำงาน 15 นาที อัตราการเต้นของหัวใจในขณะที่ทำงานของทั้ง 3 ขั้นตอน ซึ่งได้แก่ การตัดคอนกรีต การส่งคอนกรีต และการเทคอนกรีต มีค่าอัตราการเต้นของหัวใจที่ค่อนข้างสูง คือ มากกว่า 100 ครั้งต่อนาทีในทุกขั้นตอน ในขณะที่การทำงานแนวตั้งทุกขั้นตอน (การตัด, การส่ง, และการเท) มีค่าเฉลี่ยอัตราการเต้นของหัวใจในขณะที่ทำงานสูง

กว่า 110 ครั้งต่อนาที ซึ่งมากกว่าข้อแนะนำของ Brouha (1967) ดังนั้นจึงสามารถวิเคราะห์ได้ว่าการทำงานในแนวดิ่ง (การตัด, การส่ง, และการเท) มีความเสี่ยงที่จะเกิดความล้มเหลวของระบบหมุนเวียนโลหิต ซึ่งอาจทำให้เกิดอันตรายในการทำงานได้

ตารางที่ 4.2 อัตราการเต้นของหัวใจของผู้ถูกทดสอบในการตัดคอนกรีต

งาน	ผู้ถูกทดสอบ	แนวนราบ			แนวดิ่ง	
		อัตราการเต้นหัวใจ ก่อนทำงาน (ครั้ง/นาที)	อัตราการเต้นหัวใจ ขณะทำงาน (ครั้ง/นาที)	อัตราการเต้นหัวใจ หลังทำงาน (ครั้ง/นาที)	อัตราการเต้นหัวใจ ขณะทำงาน (ครั้ง/นาที)	อัตราการเต้นหัวใจ หลังทำงาน (ครั้ง/นาที)
ตัด คอนกรีต	1	82	92	84	116	89
	2	99	103	92	117	101
	3	75	100	91	139	116
	4	98	106	87	117	96
	5	79	96	81	100	89
	6	90	109	94	108	93
	7	71	97	84	112	96
	ค่าเฉลี่ย	84.86	100.42	87.57	115.57	97.14
	ค่ามากที่สุด	99	109	94	139	116
	ค่าน้อยสุด	71	92	81	100	89

ตารางที่ 4.3 อัตราการเต้นของหัวใจของผู้ถูกทดสอบในการส่งคอนกรีต

งาน	ผู้ถูกทดสอบ	แนวระนาบ			แนวตั้ง	
		อัตราการเต้นหัวใจ ก่อนทำงาน (ครั้ง/นาที)	อัตราการเต้นหัวใจ ขณะทำงาน (ครั้ง/นาที)	อัตราการเต้นหัวใจ หลังทำงาน (ครั้ง/นาที)	อัตราการเต้น หัวใจ ขณะทำงาน (ครั้ง/นาที)	อัตราการเต้น หัวใจ หลังทำงาน (ครั้ง/นาที)
ส่ง คอนกรีต	8	72	113	89	127	116
	9	82	108	93	113	98
	10	96	113	94	117	96
	11	73	98	81	103	92
	12	74	100	89	113	102
	13	79	102	80	106	91
	14	91	111	97	115	93
	ค่าเฉลี่ย	81	106.42	89	113.42	98.29
	ค่ามากที่สุด	96	113	97	127	116
	ค่าน้อยสุด	72	98	80	103	91

ตารางที่ 4.4 อัตราการเต้นของหัวใจของผู้ถูกทดสอบในการเทคอนกรีต

งาน	ผู้ถูกทดสอบ	แนวระนาบ			แนวตั้ง	
		อัตราการเต้นหัวใจ ก่อนทำงาน (ครั้ง/นาที)	อัตราการเต้นหัวใจ ขณะทำงาน (ครั้ง/นาที)	อัตราการเต้นหัวใจ หลังทำงาน (ครั้ง/นาที)	อัตราการเต้น หัวใจ ขณะทำงาน (ครั้ง/นาที)	อัตราการเต้น หัวใจ หลังทำงาน (ครั้ง/นาที)
เท คอนกรีต	15	74	98	81	107	94
	16	83	102	87	114	103
	17	73	103	81	116	102
	18	82	113	89	116	96
	19	87	115	91	117	101
	20	72	104	86	113	89
	21	81	102	92	114	97
	ค่าเฉลี่ย	78.86	105.29	86.71	113.86	97.43
	ค่ามากที่สุด	87	115	92	117	103
	ค่าน้อยสุด	72	98	81	107	89

4.3.2 การวิเคราะห์การเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นของหัวใจ

การวิเคราะห์การเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นของหัวใจ คือการหาผลต่างของอัตราการเต้นของหัวใจขณะพักก่อนการทำงานกับอัตราการเต้นของหัวใจในขณะทำงาน ซึ่งสามารถหาได้จาก สมการที่ 3.1

จากตารางที่ 4.5-4.7 พบว่าค่าอัตราการเต้นของหัวใจขณะพักก่อนทำงานที่ต่ำที่สุดคือ 71 ครั้งต่อนาที และค่าอัตราการเต้นของหัวใจขณะพักก่อนทำงานที่สูงที่สุดคือ 99 ครั้งต่อนาที ผลของการหาค่าการเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นของหัวใจ (ΔHR) พบว่ามีอัตราการเพิ่มขึ้นของการเต้นของหัวใจที่สูงที่สุดในขั้นตอนการส่งคอนกรีตทั้งในแนวระนาบและแนวตั้ง โดยมีค่าการเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นของหัวใจในแนวระนาบ คือ 41 ครั้งต่อนาที และมีการเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นของหัวใจในแนวตั้ง คือ 55 ครั้งต่อนาที

เมื่อวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยการเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นของหัวใจตามขั้นตอนการทำงาน พบว่าขั้นตอนการเทคอนกรีตมีค่าเฉลี่ยการเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นของหัวใจสูงที่สุด คือ ประมาณ 27 ครั้งต่อนาทีในการทำงานแนวระนาบ และ 35 ครั้งต่อนาทีในการทำงานแนวตั้ง ในขณะที่ขั้นตอนการตักคอนกรีตพบว่ามีค่าเฉลี่ยการเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นของหัวใจต่ำที่สุด คือ ประมาณ 16 ครั้งต่อนาทีในการทำงานแนวระนาบ และ ประมาณ 31 ครั้งต่อนาทีในการทำงานแนวตั้ง

ตารางที่ 4.5 การเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นของหัวใจในขั้นตอนการตักคอนกรีต

งาน	ผู้ถูกทดสอบ	อัตราการเต้นหัวใจขณะพัก (ครั้ง/นาที)	การเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นหัวใจ (ΔHR)	
			แนวระนาบ (ครั้ง/นาที)	แนวตั้ง (ครั้ง/นาที)
ตักคอนกรีต	1	82	10	34
	2	99	4	18
	3	75	25	64
	4	98	8	19
	5	79	17	21
	6	90	19	18
	7	71	26	41
ค่าเฉลี่ย		84.86	15.57	30.71

ตารางที่ 4.6 การเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นของหัวใจในขั้นตอนการส่งคอนกรีต

งาน	ผู้ถูกทดสอบ	อัตราการเต้นหัวใจขณะพัก (ครั้ง/นาที)	การเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นหัวใจ (Δ HR)	
			แนวระนาบ (ครั้ง/นาที)	แนวตั้ง (ครั้ง/นาที)
ส่งคอนกรีต	1	72	41	55
	2	82	26	31
	3	96	17	21
	4	73	25	30
	5	74	26	39
	6	79	23	27
	7	91	20	24
ค่าเฉลี่ย		81	25.43	32.43

ตารางที่ 4.7 การเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นของหัวใจในขั้นตอนการเทคอนกรีต

งาน	ผู้ถูกทดสอบ	อัตราการเต้นหัวใจขณะพัก (ครั้ง/นาที)	การเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นหัวใจ (Δ HR)	
			แนวระนาบ (ครั้ง/นาที)	แนวตั้ง (ครั้ง/นาที)
เทคอนกรีต	1	74	24	33
	2	83	19	31
	3	73	30	43
	4	82	31	34
	5	87	28	30
	6	72	32	41
	7	81	21	33
เฉลี่ย		78.86	26.43	35

เมื่อวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยการเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นของหัวใจตามทิศทางการทำงานคอนกรีต พบว่าการทำงานคอนกรีตในแนวดิ่งมีค่าเฉลี่ยการเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นของหัวใจสูงที่สุด คือ ประมาณ 31 ครั้งต่อนาทีสำหรับขั้นตอนการตัก ประมาณ 33 ครั้งต่อนาทีสำหรับขั้นตอนการส่ง และ 35 ครั้งต่อนาทีสำหรับขั้นตอนการเท การทำงานคอนกรีตในแนวระนาบมีค่าเฉลี่ยการเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นของหัวใจต่ำที่สุด คือ ประมาณ 16 ครั้งต่อนาทีสำหรับขั้นตอนการตัก ประมาณ 26 ครั้งต่อนาทีสำหรับขั้นตอนการส่ง และ ประมาณ 27 ครั้งต่อนาทีสำหรับขั้นตอนการเท

จากผลการวิเคราะห์อัตราการเต้นของหัวใจดังที่กล่าวมาทั้งหมดสามารถสรุปได้ว่า การทำงานคอนกรีตในแนวดิ่งมีความเสี่ยงที่จะเกิดความล้มเหลวของระบบหมุนเวียนโลหิต และการทำงานคอนกรีตในแนวดิ่งยังส่งผลให้การเพิ่มอัตราการเต้นของหัวใจสูงกว่าการทำงานคอนกรีตในแนวระนาบเช่นเดียวกัน

4.4 การวิเคราะห์ความแปรปรวน

จากผลการวัดอัตราการเต้นของหัวใจ และการเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นของหัวใจในการทำงานของผู้ใช้แรงงานก่อสร้างในการทำงานคอนกรีตทั้ง 3 ขั้นตอน ซึ่งได้แก่ ขั้นตอนการตักคอนกรีต ขั้นตอนการส่งคอนกรีต และขั้นตอนการเทคอนกรีต ทั้งในการทำงานคอนกรีตในแนวระนาบ และการทำงานคอนกรีตในแนวดิ่ง ดังกล่าวไปแล้วก่อนหน้านี้ สามารถนำมาวิเคราะห์เพื่อหาผลกระทบจากการทำงานต่ออัตราการเต้นของหัวใจ โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน

ผลการวัดอัตราการเต้นของหัวใจแสดงให้เห็นว่าการทำงานคอนกรีตในแต่ละขั้นตอนทำให้อัตราการเต้นของหัวใจเพิ่มสูงขึ้นอย่างมาก การเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นของหัวใจสูงที่สุดเกิดขึ้นในขั้นตอนการส่งคอนกรีตที่เป็นการทำงานคอนกรีตในแนวระนาบ ซึ่งมีค่าการเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นของหัวใจ เท่ากับ 41 ครั้งต่อนาที และขั้นตอนการส่งคอนกรีตที่เป็นการทำงานคอนกรีตในแนวดิ่ง มีค่าการเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นของหัวใจ เท่ากับ 55 ครั้งต่อนาที จากการเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นของหัวใจสามารถทำให้ทราบได้ว่าในขั้นตอนการทำงานต่าง ๆ ทำให้อัตราการเต้นของหัวใจเพิ่มขึ้น โดยขั้นตอนการส่งคอนกรีตมีการเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นของหัวใจสูงที่สุด จากข้อมูลการเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นของหัวใจสามารถนำมาวิเคราะห์ผลกระทบจากการทำงานต่ออัตราการเต้นของหัวใจ ซึ่งสามารถตั้งสมมติฐานได้ ดังนี้

สมมติฐานที่ 1 ขั้นตอนการทำงาน (การตักคอนกรีต, การส่งคอนกรีต, การเทคอนกรีต) มีผลกระทบต่อการเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นของหัวใจ

สมมติฐานที่ 2 ทิศทางการส่งคอนกรีต (แนวระนาบ, แนวดิ่ง) มีผลกระทบต่อการเพิ่มขึ้น

ของอัตราการเต้นของหัวใจ

สมมติฐานที่ 3 ผู้ถูกทดสอบ มีผลกระทบต่อการเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นของหัวใจ

4.4.1 การทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis Testing)

สมมติฐานที่ 1

H_0 : ขั้นตอนการทำงานไม่มีผลกระทบต่อการเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นของหัวใจ

H_1 : ขั้นตอนการทำงานมีผลกระทบต่อการเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นของหัวใจ

สมมติฐานที่ 2

H_0 : ทิศทางการส่งคอนกรีตในแนวระนาบและแนวดิ่ง ไม่มีผลกระทบต่อการเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นของหัวใจ

H_1 : ทิศทางการส่งคอนกรีตในแนวระนาบและแนวดิ่งมีผลกระทบต่อการเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นของหัวใจ

สมมติฐานที่ 3

H_0 : ผู้ถูกทดสอบไม่มีผลกระทบต่อการเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นของหัวใจ

H_1 : ผู้ถูกทดสอบมีผลกระทบต่อการเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นของหัวใจ

การวิเคราะห์ความแปรปรวน มีตัวแปร 2 ประเภท ดังนี้

1. ตัวแปรอิสระ (Independent variables) คือ 1) ขั้นตอนการทำงาน แบ่งเป็น 3 ระดับ ได้แก่ การตักคอนกรีต การส่งคอนกรีต และการเทคอนกรีต และ 2) ทิศทางการส่งคอนกรีต แบ่งเป็น 2 ระดับ ได้แก่ การส่งคอนกรีตแนวระนาบ และการส่งคอนกรีตแนวดิ่ง
2. ตัวแปรตาม (Dependent variable) คือ อัตราการเต้นของหัวใจ

กำหนดให้ ผู้ถูกทดสอบเป็นบล็อก (Block)

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน โดยใช้ระดับนัยสำคัญที่ 0.05 ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป แสดงดังตารางที่ 4.8 ขั้นตอนการทำงาน ลักษณะการส่งคอนกรีตทั้ง 2 แบบ (แนวระนาบ, แนวดิ่ง) และผู้ถูกทดสอบ มีผลกระทบต่อการเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นของหัวใจอย่างมีนัยสำคัญ โดยมีค่าพี (P-Value) ที่ 0.009, 0.000 และ 0.001 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.8 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน

แหล่งความแปรปรวน	องศาอิสระ	ผลรวมกำลังสอง	ผลเฉลี่ยกำลังสอง	ค่าสถิติเอฟ	ค่าพี
งาน	2	438.62	219.31	6.13	0.009
การส่งคอนกรีต	1	1100.60	1100.60	30.75	>0.001
บล็อก (ผู้ถูกทดสอบ)	18	3018.00	167.67	4.68	0.001
อันตรกิริยาระหว่างงาน กับการส่งคอนกรีต	2	130.62	65.31	1.82	0.19
ความคลาดเคลื่อน	18	644.29	35.79		
รวม	41	5332.12			

4.5 ค่าดัชนีความเครียด

4.5.1 ระดับของการออกแรง (Intensity of Exertion, IE)

ผลจากการวัดระดับการออกแรงของผู้ถูกทดสอบในแต่ละขั้นตอน สามารถนำมาคำนวณเพื่อหาค่าร้อยละของการออกแรงสูงสุดได้ ดังตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 ผลการวิเคราะห์ค่าการออกแรงในการทำงานเมื่อเทียบกับความสามารถในการออกแรงสูงสุด และผลการประเมินความรู้สึกเหนื่อยจากการออกแรง Modified Borg Scale

ขั้นตอนการทำงาน	การออกแรงในการทำงานเมื่อเทียบกับ ความสามารถในการออกแรงสูงสุด	Borg Scale	ระดับ คะแนน	ค่าน้ำหนัก คะแนน
ตักคอนกรีต	10-29	3	2	3
ส่งคอนกรีต	10-29	3	2	3
เทคอนกรีต	10-29	3	2	3

ในการทดสอบการออกแรงสูงสุดของผู้ใช้แรงงานจากเครื่อง Jackson Strength Evaluation System แล้วนำมาคำนวณค่าการออกแรงในการทำงานเมื่อเทียบกับความสามารถในการออกแรงสูงสุด แสดงรายละเอียดดังภาคผนวก ก และประเมินความรู้สึกเหนื่อยจากการออกแรง พบว่าผู้ใช้แรงงานทั้ง 3 ขั้นตอนในการทำงานคอนกรีตทั้งแนวระนาบและแนวตั้ง สามารถออกแรงได้อยู่ในช่วงร้อยละ 10-29 ของความสามารถในการออกแรงสูงสุดและผู้ใช้แรงงานส่วน

ใหญ่ได้ประเมินความรู้สึกเหนื่อยจากการออกแรงของการทำงานแต่ละขั้นตอน เท่ากับ 3 หมายความว่ามีความรู้สึกเหนื่อยปานกลาง ดังนั้นผลการวิเคราะห์ระดับของการออกแรงในงาน คอนกรีตทั้ง 3 ขั้นตอน คือ การทำงานค่อนข้างหนัก มีค่าร้อยละของการออกแรงอยู่ในช่วงร้อยละ 10-29 ระดับคะแนนที่ได้ คือ 2 และมีค่าน้ำหนักคะแนน คือ 3

4.5.2 ระยะเวลาในการออกแรง (Duration of Exertion, DE)

ผลจากการคำนวณค่าร้อยละของระยะเวลาการออกแรงในการทำงานแต่ละขั้นตอนสามารถนำไปเปรียบเทียบเพื่อวิเคราะห์หาระดับคะแนน และค่าน้ำหนักคะแนนได้ ดังตารางที่ 4.10-4.11

ตารางที่ 4.10 ผลการวิเคราะห์ค่าร้อยละของระยะเวลาในการออกแรง ระดับคะแนน และค่าน้ำหนักคะแนน (แนวระนาบ)

ขั้นตอนการทำงาน	ระยะเวลาออกแรงแนวระนาบ (วินาที)	ร้อยละของระยะเวลาในการออกแรง	ระดับคะแนน	ค่าน้ำหนักคะแนน
ตักคอนกรีต	18.52	77.98	4	2
ส่งคอนกรีต	13.20	59.28	4	2
เทคอนกรีต	13.37	56.29	4	2
เวลาสังเกตการออกแรงแนวระนาบ (วินาที)			23.75	

จากตารางที่ 4.10 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าร้อยละของระยะเวลาในการออกแรงของการทำงานในขั้นตอนต่าง ๆ โดยสามารถคำนวณได้ตามตัวอย่าง ดังต่อไปนี้

การตักคอนกรีต (แนวระนาบ)

$$\text{ร้อยละของระยะเวลาในการออกแรง} = \frac{18.52}{23.75} \times 100 = 77.98$$

ตารางที่ 4.11 ผลการวิเคราะห์ค่าร้อยละของระยะเวลาในการออกแรง ระดับคะแนน และค่าน้ำหนักคะแนน (แนวดิ่ง)

ขั้นตอนการทำงาน	ระยะเวลาออกแรงแนวดิ่ง (วินาที)	ร้อยละของระยะเวลาในการออกแรง	ระดับคะแนน	ค่าน้ำหนักคะแนน
ตักคอนกรีต	20.96	65.99	4	2
ส่งคอนกรีต	25.11	79.06	4	2
เทคอนกรีต	25.01	78.75	4	2
เวลาสังเกตการออกแรงแนวดิ่ง (วินาที)			31.76	

จากตารางที่ 4.10 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าร้อยละของระยะเวลาในการออกแรงของการทำงานในขั้นตอนต่าง ๆ โดยสามารถคำนวณได้ตามตัวอย่าง ดังต่อไปนี้

การส่งคอนกรีต (แนวดิ่ง)

$$\text{ร้อยละของระยะเวลาในการออกแรง} = \frac{25.11}{31.76} \times 100 = 79.06$$

ผลการคำนวณทั้งหมดสามารถสรุปได้ ดังนี้

ขั้นตอนการตักคอนกรีต

- แนวระนาบ มีค่าร้อยละของการออกแรง เท่ากับ 77.98 ระดับคะแนนที่ได้ คือ 4 มีค่าน้ำหนักคะแนน คือ 2
- แนวดิ่ง มีค่าร้อยละของการออกแรง เท่ากับ 65.99 ระดับคะแนนที่ได้ คือ 4 มีค่าน้ำหนักคะแนน คือ 2

ขั้นตอนการส่งคอนกรีต

- แนวระนาบ มีค่าร้อยละของการออกแรง เท่ากับ 59.28 ระดับคะแนนที่ได้ คือ 4 มีค่าน้ำหนักคะแนน คือ 2
- แนวดิ่ง มีค่าร้อยละของการออกแรง เท่ากับ 79.06 ระดับคะแนนที่ได้ คือ 4 มีค่าน้ำหนักคะแนน คือ 2

ขั้นตอนการทดสอบกรีต

- แนวระนาบ มีค่าร้อยละของการออกแรง เท่ากับ 56.29 ระดับคะแนนที่ได้ คือ 4 มีค่าน้ำหนักคะแนน คือ 2
- แนวค้ำ มีค่าร้อยละของการออกแรง เท่ากับ 78.75 ระดับคะแนนที่ได้ คือ 4 มีค่าน้ำหนักคะแนน คือ 2

4.5.3 ความพยายามในการออกแรงต่อนาที (Effort per Minute, EM)

จากการสังเกตการทำงานคอนกรีตของผู้ใช้แรงงานทั้ง 3 ขั้นตอน แบ่งเป็นการทำงานคอนกรีตในแนวระนาบ และการทำงานคอนกรีตในแนวค้ำ ทั้งหมด 5 รอบการทำงาน ซึ่งการทำงานแต่ละขั้นตอนจะต้องทำงานต่อเนื่องกัน ผลของการจับเวลาทั้งหมดในการสังเกต เป็นดังนี้

การทำงานคอนกรีตในแนวระนาบ

- ขั้นตอนการตัก คือ 18.52 วินาที คิดเป็น 0.31 นาที
- ขั้นตอนการส่ง คือ 13.20 วินาที คิดเป็น 0.23 นาที
- ขั้นตอนการเท คือ 13.37 วินาที คิดเป็น 0.22 นาที

การทำงานคอนกรีตในแนวค้ำ

- ขั้นตอนการตัก คือ 20.96 วินาที คิดเป็น 0.35 นาที
- ขั้นตอนการส่ง คือ 25.11 วินาที คิดเป็น 0.42 นาที
- ขั้นตอนการเท คือ 25.01 วินาที คิดเป็น 0.42 นาที

เมื่อนำผลของการจับเวลาทั้งหมดในการสังเกตไปคำนวณในสมการที่ 3.5 สามารถหาค่าความพยายามในการออกแรงต่อนาที แล้วนำมาเปรียบเทียบกับตารางที่ 3.4 เพื่อหา ระดับคะแนน และค่าน้ำหนักคะแนน ได้ดังต่อไปนี้

การทำงานคอนกรีตในแนวระนาบ

- ขั้นตอนการตัก มีความพยายามออกแรง 16.13 หรือประมาณ 17 ครั้งต่อนาที ระดับคะแนนที่ได้ คือ 4 มีค่าน้ำหนักคะแนน เท่ากับ 2
- ขั้นตอนการส่ง มีความพยายามออกแรง 21.7 หรือประมาณ 22 ครั้งต่อนาที ระดับคะแนนที่ได้ คือ 5 มีค่าน้ำหนักคะแนน เท่ากับ 3
- ขั้นตอนการเท มีความพยายามออกแรง 22.73 หรือประมาณ 23 ครั้งต่อนาที ระดับคะแนนที่ได้ คือ 5 มีค่าน้ำหนักคะแนน เท่ากับ 3

การทำงานคอนกรีตในแนวดิ่ง

- ขั้นตอนการตัก มีความพยายามออกแรง 14.29 หรือประมาณ 15 ครั้งต่อนาที ระดับคะแนนที่ได้ คือ 4 มีค่าน้ำหนักคะแนน เท่ากับ 2
- ขั้นตอนการส่ง มีความพยายามออกแรง 11.90 หรือประมาณ 12 ครั้งต่อนาที ระดับคะแนนที่ได้ คือ 3 มีค่าน้ำหนักคะแนน เท่ากับ 1.5
- ขั้นตอนการเท มีความพยายามออกแรง 11.90 หรือประมาณ 12 ครั้งต่อนาที ระดับคะแนนที่ได้ คือ 3 มีค่าน้ำหนักคะแนน เท่ากับ 1.5

4.5.4 ท่าทางของมือและข้อมือ (Hand/Wrist Posture, HWP)

ท่าทางของมือและข้อมือในการทำงานสามารถวิเคราะห์ได้จากภาพถ่ายขณะทำงานของผู้ใช้แรงงานทั้ง 3 ขั้นตอน จากนั้นจึงนำท่าทางหรือองศาของมือและข้อมือที่เปลี่ยนไปเปรียบเทียบกับมือและข้อมือในตำแหน่งปกติ (Neutral Position) แล้วจึงนำมาวิเคราะห์หาค่าคะแนน และค่าน้ำหนักคะแนน



ตารางที่ 4.12 การวัดองศามือและข้อมือของการทำงานหรือส่งคอนกรีตในแนวระนาบ

งาน	รูปการทำงาน	ระดับท่าทาง	ยืดมือ/ข้อมือ	งอมือ/ข้อมือ	บิดเอียงมือ/ข้อมือ	ระดับคะแนน	ค่าน้ำหนักคะแนน
ตักคอนกรีต		ไม่ดี	41°-55°	-	-	4	2
ส่งคอนกรีต		ไม่ดี	-	-	21°-25°	4	2
เทคอนกรีต		ไม่ดี	-	-	21°-25°	4	2

ตารางที่ 4.13 การวัดองศามือและข้อมือของการทำงานหรือส่งคอนกรีตในแนวดิ่ง

งาน	รูปการทำงาน	ระดับ ท่าทาง	ยืดมือ/ ข้อมือ	งอมือ/ ข้อมือ	บิดเอียง มือ/ข้อมือ	ระดับ คะแนน	ค่าน้ำหนัก คะแนน
ตัก คอนกรีต *		ไม่ดี	41°-55°	-	-	4	2
ส่ง คอนกรีต		ไม่ดี	-	-	21°-25°	4	2
เท คอนกรีต		ไม่ดี	26°-40°	-	21°-25°	4	2

หมายเหตุ * การตักคอนกรีตในแนวระนาบและแนวดิ่ง มีลักษณะท่าทางมือและข้อมือที่เหมือนกัน

จากตารางที่ 4.12-4.13 แสดงให้เห็นถึงท่าทางของมือและข้อมือขณะทำงานในขั้นตอนต่าง ๆ และผลการวิเคราะห์ของมือและข้อมือที่เปลี่ยนไปจากตำแหน่งปกติในขณะทำงาน ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

ขั้นตอนการตักคอนกรีต

- การทำงานคอนกรีตในแนวระนาบ ใช้การยัดมือหรือข้อมือ ประมาณ 41° - 55° เป็นท่าทางที่อยู่ในระดับ ไม่ดี ระดับคะแนน คือ 4 คำน้ำหนักคะแนน คือ 2
- การทำงานคอนกรีตในแนวดิ่ง มีลักษณะเหมือนการทำงานคอนกรีตในแนวระนาบ ดังนั้นผลการวิเคราะห์ที่ได้จึงเหมือนกัน คือ ใช้การยัดมือหรือข้อมือ ประมาณ 41° - 55° เป็นท่าทางที่อยู่ในระดับ ไม่ดี ระดับคะแนน คือ 4 คำน้ำหนักคะแนน คือ 2

ขั้นตอนการส่งคอนกรีต

- การทำงานคอนกรีตในแนวระนาบ ใช้การบิดเอียงมือหรือข้อมือ ประมาณ 21° - 25° เป็นท่าทางที่อยู่ในระดับ ไม่ดี ระดับคะแนน คือ 4 คำน้ำหนักคะแนน คือ 2
- การทำงานคอนกรีตในแนวดิ่ง ใช้การบิดเอียงมือหรือข้อมือ ประมาณ 21° - 25° เป็นท่าทางที่อยู่ในระดับ ไม่ดี ระดับคะแนน คือ 4 คำน้ำหนักคะแนน คือ 2

ขั้นตอนการเทคอนกรีต

- การทำงานคอนกรีตในแนวระนาบ ใช้การบิดเอียงมือหรือข้อมือ ประมาณ 21° - 25° เป็นท่าทางที่อยู่ในระดับ ไม่ดี ระดับคะแนน คือ 4 คำน้ำหนักคะแนน คือ 2
- การทำงานคอนกรีตในแนวดิ่ง ใช้การยัดมือหรือข้อมือ ประมาณ 26° - 40° และการบิดเอียงมือหรือข้อมือ ประมาณ 21° - 25° เป็นท่าทางที่อยู่ในระดับ ไม่ดี ระดับคะแนน คือ 4 คำน้ำหนักคะแนน คือ 2

4.5.5 ความเร็วของงาน (Speed of Work, SW)

ผลการคำนวณค่าร้อยละของความเร็วของงานในแต่ละขั้นตอน สามารถนำมาวิเคราะห์เพื่อหาระดับคะแนน และค่าน้ำหนักคะแนนได้ ดังตารางที่ 4.14

ตารางที่ 4.14 ผลการคำนวณค่าร้อยละของความเร็วของงาน

	การทำงานคอนกรีต แนวระนาบ			การทำงานคอนกรีต แนวตั้ง		
	ตัก	ส่ง	เท	ตัก	ส่ง	เท
เวลาทำงานจริง 1 รอบการทำงาน (วินาที)	3.70	2.64	2.67	4.19	5.02	5
เวลาที่คำนวณจาก MTM (วินาที)	4.04	2.13	2.60	4.04	2.15	3.02
ค่าร้อยละของ ความเร็วของงาน	109.19	80.68	97.37	96.42	42.83	60.4

ดังนี้

ผลการคำนวณค่าร้อยละของความเร็วของงานจากตารางที่ 4.14 สามารถสรุปได้

การทำงานคอนกรีตในแนวระนาบ

- การตักคอนกรีต มีค่าร้อยละของความเร็วงาน คือ 111.98 ระดับความเร็วของงาน คือ เร็ว ระดับคะแนนที่ได้ คือ 4 คำนวณน้ำหนักคะแนนที่ได้ คือ 1.5
- การส่งคอนกรีต มีค่าร้อยละของความเร็วงาน คือ 82.95 ระดับความเร็วของงาน คือ ช้า ระดับคะแนนที่ได้ คือ 2 คำนวณน้ำหนักคะแนนที่ได้ คือ 1
- การเทคอนกรีต มีค่าร้อยละของความเร็วงาน คือ 100 ระดับความเร็วของงาน คือ พอดี ระดับคะแนนที่ได้ คือ 3 คำนวณน้ำหนักคะแนนที่ได้ คือ 1

การทำงานคอนกรีตในแนวตั้ง

- การตักคอนกรีต มีค่าร้อยละของความเร็วงาน คือ 98.81 ระดับความเร็วของงาน คือ พอดี ระดับคะแนนที่ได้ คือ 3 คำนวณน้ำหนักคะแนนที่ได้ คือ 1
- การส่งคอนกรีต มีค่าร้อยละของความเร็วงาน คือ 44.22 ระดับความเร็วของงาน คือ ช้ามาก ระดับคะแนนที่ได้ คือ 1 คำนวณน้ำหนักคะแนนที่ได้ คือ 1
- การเทคอนกรีต มีค่าร้อยละของความเร็วงาน คือ 62 ระดับความเร็วของงาน คือ ช้ามาก ระดับคะแนนที่ได้ คือ 1 คำนวณน้ำหนักคะแนนที่ได้ คือ 1

ทั้งนี้การหาเวลามาตรฐานสามารถดูตัวอย่างเพิ่มเติมได้จาก ภาคผนวก ง

4.5.6 ระยะเวลาในการทำงาน (Duration of Task per Day)

การทำงานคอนกรีตในการหล่อตอม่อและเสาในงานก่อสร้างอาคารเป็นงานที่ต้องใช้การออกแรง และมีภาระงานที่หนัก ใช้ระยะเวลาในการทำงาน ประมาณ 1 ชั่วโมงต่อวัน สำหรับการเทคอนกรีตเพื่อใช้ในการหล่อตอม่อ 16-20 หลุม และใช้ระยะเวลาในการทำงาน ประมาณ 1-2 ชั่วโมงต่อวันสำหรับการเทคอนกรีตเพื่อใช้ในการหล่อเสา 16-20 ต้น

ผลการวิเคราะห์ สามารถสรุปได้ว่าการทำงานคอนกรีตของผู้ใช้แรงงานในการก่อสร้างอาคาร มีการทำงานคอนกรีตในแนวระนาบเพื่อหล่อตอม่อ ดังนั้นจึงใช้ระยะเวลาในการทำงาน ประมาณ 1 ชั่วโมงต่อวัน ระดับคะแนนที่ได้ คือ 1 และค่าน้ำหนักคะแนน คือ 0.25 การทำงานคอนกรีตในแนวดิ่งเพื่อหล่อเสา ใช้ระยะเวลาในการทำงาน ประมาณ 1-2 ชั่วโมงต่อวัน ระดับคะแนนที่ได้ คือ 2 และค่าน้ำหนักคะแนน คือ 0.5

จากการวิเคราะห์การทำงาน ระดับคะแนน และค่าน้ำหนักคะแนน ของปัจจัยทั้ง 6 ปัจจัย ที่มีผลต่อการหาค่าดัชนีความเครียด สามารถนำมาสรุปได้ ดังตารางที่ 4.15-4.16 ซึ่งทำให้ทราบค่าดัชนีความเครียด ของขั้นตอนการทำงานทั้ง 3 ขั้นตอน สามารถสรุปและแปลความหมายค่าดัชนีความเครียดได้ ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.15 ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีความเครียดการทำงานคอนกรีตในแนวระนาบ

		การทำงานหรือการส่งคอนกรีตในแนวระนาบ					
		IE	DE	EM	HWP	SW	DD
งานตัก คอนกรีต	ผลข้อมูล	ค่อนข้างหนัก	77.98	17	ไม่ดี	เร็ว	<1
	ระดับคะแนน	2	4	4	4	4	1
	ค่าน้ำหนักคะแนน	3	2	2	2	1.5	0.25
	ค่าดัชนีความเครียด	9					
งานส่ง คอนกรีต	ผลข้อมูล	ค่อนข้างหนัก	59.28	22	ไม่ดี	ช้า	<1
	ระดับคะแนน	2	4	5	4	2	1
	ค่าน้ำหนักคะแนน	3	2	3	2	1	0.25
	ค่าดัชนีความเครียด	9					
งานเท คอนกรีต	ผลข้อมูล	ค่อนข้างหนัก	56.29	23	ไม่ดี	พอดี	<1
	ระดับคะแนน	2	4	5	4	3	1
	ค่าน้ำหนักคะแนน	3	2	9	2	1	0.25
	ค่าดัชนีความเครียด	9					

ตารางที่ 4.16 ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีความเครียดการทำงานคอนกรีตในแนวตั้ง

		การทำงานหรือการส่งคอนกรีตในแนวตั้ง					
		IE	DE	EM	HWP	SW	DD
งานตัก คอนกรีต	ผลข้อมูล	ค่อนข้างหนัก	65.99	15	ไม่ดี	พอดี	1-2
	ระดับคะแนน	2	4	4	4	3	2
	ค่าน้ำหนักคะแนน	3	2	2	2	1	0.5
	ค่าดัชนีความเครียด	12					
งานส่ง คอนกรีต	ผลข้อมูล	ค่อนข้างหนัก	79.06	12	ไม่ดี	ซ้ำมาก	1-2
	ระดับคะแนน	2	4	3	4	1	2
	ค่าน้ำหนักคะแนน	3	2	1.5	2	1	0.5
	ค่าดัชนีความเครียด	9					
งานเท คอนกรีต	ผลข้อมูล	ค่อนข้างหนัก	78.75	12	ไม่ดี	ซ้ำมาก	1-2
	ระดับคะแนน	2	4	3	4	1	2
	ค่าน้ำหนักคะแนน	3	2	1.5	2	1	0.5
	ค่าดัชนีความเครียด	9					

ค่าดัชนีความเครียดการทำงานคอนกรีตในแนวระนาบ

- การตักคอนกรีต ค่าดัชนีความเครียดที่ได้ คือ 9 หมายความว่า การทำงานไม่ปลอดภัย
- การส่งคอนกรีต ค่าดัชนีความเครียดที่ได้ คือ 9 หมายความว่า การทำงานไม่ปลอดภัย
- การเทคอนกรีต ค่าดัชนีความเครียดที่ได้ คือ 9 หมายความว่า การทำงานไม่ปลอดภัย

ค่าดัชนีความเครียดการทำงานคอนกรีตในแนวตั้ง

- การตักคอนกรีต ค่าดัชนีความเครียดที่ได้ คือ 12 หมายความว่า การทำงานไม่ปลอดภัย
- การส่งคอนกรีต ค่าดัชนีความเครียดที่ได้ คือ 9 หมายความว่า การทำงานไม่ปลอดภัย

- การท่อนกิริต ค่าดัชนีความเครียดที่ได้ คือ 9 หมายความว่า การทำงานไม่ปลอดภัย

4.6 การวิเคราะห์ท่าทางการทำงาน

4.6.1 การประเมินท่าทางการทำงานโดยแบบประเมิน Ovako Working Posture Analysis System

การวิเคราะห์ท่าทางการทำงาน ทำได้จากการวิเคราะห์ท่าทางการทำงานจากภาพถ่ายการทำงานแต่ละขั้นตอน โดยการสังเกตลักษณะท่าทางขณะทำงาน ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ปัจจัยทั้งหมด 4 ปัจจัย ได้แก่ ท่าทางของหลัง แขน ขา และการออกแรงยก แล้วทำการประเมินโดยการให้คะแนนท่าทางการทำงานของหลัง แขน ขา และการออกแรงยก จากนั้นจึงนำคะแนนทุกส่วนมาประเมินเป็นคะแนนรวม เพื่อป้องกันความเร่งด่วนในการแก้ไขวิธีการทำงาน

ท่าทางการทำงานทั้ง 3 ขั้นตอนของการทำงานคอนกรีตในแนวระนาบ และการทำงานคอนกรีตในแนวตั้ง พร้อมคำอธิบายการทำงาน แสดงดังตารางที่ 4.17-4.18

จากการให้คะแนนในแต่ละปัจจัยของการทำงานทั้ง 3 ขั้นตอนของการทำงานคอนกรีตในแนวระนาบ และการทำงานคอนกรีตในแนวตั้ง สามารถนำมาประเมินคะแนนรวมเพื่อประเมินความเหมาะสมของท่าทางการทำงานในแต่ละขั้นตอนได้ ดังรูปที่ 4.3-4.4

ตารางที่ 4.17 ทำางการทำงานคอนกรีตในแนวระนาบ

ขั้นตอน	ทำางการทำงาน	คำอธิบายการทำงาน	ระดับคะแนน ทำางการทำงาน	
ตัก คอนกรีต		● ก้มและบิดหลังเพื่อตักคอนกรีต ● แขนทั้งสองข้างอยู่ต่ำกว่าระดับหัวไหล่ ● งอเข่าเล็กน้อยทั้งสองข้าง ● น้ำหนักคอนกรีตประมาณ 3 กิโลกรัม	หลัง	4
			แขน	1
			ขา	4
			น้ำหนัก ขนย้าย	1
ส่ง คอนกรีต		● บิดหลังเพื่อส่งคอนกรีต ● แขนทั้งสองข้างอยู่ต่ำกว่าระดับหัวไหล่ ● ยืนขาตรงทั้งสองข้าง ● น้ำหนักคอนกรีตประมาณ 3 กิโลกรัม	หลัง	3
			แขน	1
			ขา	2
			น้ำหนัก ขนย้าย	1
เท คอนกรีต		● ก้มและบิดหลังเพื่อเทคอนกรีต ● แขนทั้งสองข้างอยู่ต่ำกว่าระดับหัวไหล่ ● งอเข่าเล็กน้อยทั้งสองข้าง ● น้ำหนักคอนกรีตประมาณ 3 กิโลกรัม	หลัง	4
			แขน	1
			ขา	4
			น้ำหนัก ขนย้าย	1

ตารางที่ 4.18 ทำางการทำงานคอนกรีตในแนวตั้ง

ขั้นตอน	ทำางการทำงาน	คำอธิบายการทำงาน	ระดับคะแนน ทำางการทำงาน	
ตัก คอนกรีต		● ก้มและบิดหลังเพื่อตักคอนกรีต ● แขนทั้งสองข้างอยู่ต่ำกว่าระดับหัวไหล่ ● งอเข่าเล็กน้อยทั้งสองข้าง ● น้ำหนักคอนกรีตประมาณ 3 กิโลกรัม	หลัง	4
			แขน	1
			ขา	4
			น้ำหนัก ขนย้าย	1
ส่ง คอนกรีต		● ยืนงอหลังไปด้านหลังและบิดลำตัวเพื่อส่งคอนกรีต ● แขนอยู่สูงกว่าระดับหัวไหล่หนึ่งข้าง ● ยืนขาตรงทั้งสองข้าง ● น้ำหนักคอนกรีตประมาณ 3 กิโลกรัม	หลัง	4
			แขน	2
			ขา	2
			น้ำหนัก ขนย้าย	1
เท คอนกรีต		● ยืนหลังเพื่อเทคอนกรีต ● แขนอยู่เหนือหัวไหล่หนึ่งข้าง ● งอเข่าเล็กน้อยทั้งหนึ่งข้าง ● น้ำหนักคอนกรีตประมาณ 3 กิโลกรัม	หลัง	1
			แขน	2
			ขา	5
			น้ำหนัก ขนย้าย	1

ตารางที่ 4.19 คะแนนการทำงานคอนกรีตในแนวระนาบ

หลัง	แขน	1			2			3			4			5			6			7			ขา
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	น้ำหนัก ขนย้าย
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	○ ตัก ☆ สั่ง □ เท
	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	
	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	3	2	2	3	1	1	1	1	1	2	
2	1	2	2	3	2	2	3	2	2	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	3	3	
	2	2	2	3	2	2	3	2	3	3	3	4	4	3	4	4	3	3	4	2	3	4	
	3	3	3	4	2	2	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4	
3	1	1	1	☆	1	1	1	1	1	1	2	3	3	3	4	4	1	1	1	1	1	1	
	2	2	2	3	1	1	1	1	1	1	2	4	4	4	4	4	4	3	3	1	1	1	
	3	2	2	3	1	1	1	2	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	1	1	
4	1	2	3	3	2	2	3	2	2	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4	
	2	3	3	4	2	3	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4	
	3	4	4	4	2	3	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4	

การทำงานคอนกรีตในแนวระนาบ แสดงดังตารางที่ 4.19

- ขั้นตอนการตักคอนกรีต มีคะแนน ดังนี้

คะแนนหลัง ได้คะแนน 4

คะแนนแขน ได้คะแนน 1

คะแนนขา ได้คะแนน 4

น้ำหนักที่ขนย้าย ได้คะแนน 1

คะแนนรวม เท่ากับ 4 หมายความว่า ควรแก้ไขวิธีการทำงานทันที

- ขั้นตอนการส่งคอนกรีต มีคะแนน ดังนี้

คะแนนหลัง ได้คะแนน 3

คะแนนแขน ได้คะแนน 1

คะแนนขา ได้คะแนน 2

น้ำหนักที่ขนย้าย ได้คะแนน 1

คะแนนรวม เท่ากับ 1 หมายความว่า ไม่ต้องแก้ไขวิธีการทำงาน

- ขั้นตอนการทดสอบกริด มีคะแนน ดังนี้

คะแนนหลัง ได้คะแนน 4

คะแนนแขน ได้คะแนน 1

คะแนนขา ได้คะแนน 4

น้ำหนักที่ขนย้าย ได้คะแนน 1

คะแนนรวม เท่ากับ 4 หมายความว่า ควรแก้ไขวิธีการทำงานทันที

ตารางที่ 4.20 คะแนนการทำงานคอนกรีตในแนวดิ่ง

หลัง	แขน	1			2			3			4			5			6			7			ขา
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	น้ำหนัก ขนย้าย
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	 ดัก  สั่ง  เท
	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	
	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	3	2	2	3	1	1	1	1	1	2	
2	1	2	2	3	2	2	3	2	2	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	3	3	
	2	2	2	3	2	2	3	2	3	3	3	4	4	3	4	4	3	3	4	2	3	4	
	3	3	3	4	2	2	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4	
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3	3	3	4	4	4	1	1	1	1	1	1	
	2	2	2	3	1	1	1	1	1	2	4	4	4	4	4	4	3	3	3	1	1	1	
	3	2	2	3	1	1	1	2	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	1	1	
4	1	2	3	3	2	2	3	2	2	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4	
	2	3	3	4	2	3	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4	
	3	4	4	4	2	3	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4	

การทำงานคอนกรีตในแนวดิ่ง แสดงดังตารางที่ 4.20

- ขั้นตอนการตักคอนกรีต มีคะแนน ดังนี้

คะแนนหลัง ได้คะแนน 4

คะแนนแขน ได้คะแนน 1

คะแนนขา ได้คะแนน 4

น้ำหนักที่ขนย้าย ได้คะแนน 1

คะแนนรวม เท่ากับ 4 หมายความว่า ควรแก้ไขวิธีการทำงานทันที

● ขั้นตอนการส่งคอนกรีต มีคะแนน ดังนี้

คะแนนหลัง ได้คะแนน 4

คะแนนแขน ได้คะแนน 2

คะแนนขา ได้คะแนน 2

น้ำหนักที่ขนย้าย ได้คะแนน 1

คะแนนรวม เท่ากับ 2 หมายความว่า ควรแก้ไขวิธีการทำงานในเร็ว ๆ นี้

● ขั้นตอนการเทคอนกรีต มีคะแนน ดังนี้

คะแนนหลัง ได้คะแนน 1

คะแนนแขน ได้คะแนน 2

คะแนนขา ได้คะแนน 5

น้ำหนักที่ขนย้าย ได้คะแนน 1

คะแนนรวม เท่ากับ 2 หมายความว่า ควรแก้ไขวิธีการทำงานในเร็ว ๆ นี้

4.6.2 การประเมินท่าทางการทำงานโดยแบบประเมิน Rapid Entire Body Assessment

ท่าทางการทำงานทั้ง 3 ขั้นตอน ในการทำงานคอนกรีตในแนวระนาบและการทำงานคอนกรีตในแนวดิ่ง แสดงดังตารางที่ 4.21-4.22 ท่าทางของส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย และปัจจัยต่าง ๆ ในขณะทำงานที่ใช้สำหรับประเมิน สามารถอธิบายได้ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.21 ทำทางของส่วนต่าง ๆ ของร่างกายในการทำงานคอนกรีตในแนวระนาบ

ขั้นตอนการตัก			
ขั้นตอนการส่ง			
ขั้นตอนการเท			

การทำงานคอนกรีตในแนวระนาบ

ขั้นตอนการตักคอนกรีต

- 1) ก้มคอ อยู่ระหว่าง 0-20 องศา เพื่อมองถึงคอนกรีต มีการหมุนคอเพื่อมองไปยังถึงที่จะเทคอนกรีต
- 2) ก้มลำตัวมากกว่า 60 องศา เพื่อตักคอนกรีต และมีการบิดตัวเมื่อนำคอนกรีตที่ตักได้เทลงในถังเปล่า
- 3) กางขาทั้งสองข้าง และงอเข่าเล็กน้อย อยู่ในช่วง 30-60 องศา เพื่อพยุงตัวในขณะที่ตักคอนกรีต

- 4) คอนกรีตที่ตักมีน้ำหนัก ประมาณ 3 กิโลกรัม
- 5) ยกแขนส่วนบน มากกว่า 90 องศา ในขณะที่ก้มตัวเพื่อตักคอนกรีต
- 6) งอแขนส่วนล่างในช่วง 60-100 องศา ในขณะที่ก้มตัวเพื่อตักคอนกรีต
- 7) งอข้อมือมากกว่า 15 องศา และหมุนข้อมือ เพื่อตักคอนกรีต
- 8) ในขณะที่ตักจะใช้มือซ้ายเพื่อจับหูของถังแต่มือขวาจะทำการจับที่ก้นถัง ซึ่งมีพื้นที่ให้จับแต่ไม่เหมาะสมนัก
- 9) ในขั้นตอนการตักมีการทำงานมากกว่า 4 ครั้งต่อนาที

ขั้นตอนการส่งคอนกรีต

- 1) ก้มคอ อยู่ในระหว่าง 0-20 องศา เพื่омองถังคอนกรีต
- 2) เอียงและก้มตัว 20-60 องศา เพื่อหยิบถัง และบิดตัวเพื่อส่งถังคอนกรีต
- 3) กางขาทั้งสองข้าง และงอเข่าเล็กน้อย อยู่ในช่วง 30-60 องศา เพื่อพยุงตัว ในขณะที่ส่งคอนกรีต
- 4) คอนกรีตที่ส่งมีน้ำหนัก ประมาณ 3 กิโลกรัม
- 5) มีการกางแขนและยกแขนส่วนบน 20-45 องศา เพื่อส่งถังคอนกรีต
- 6) งอแขนส่วนล่างในช่วง 60-100 องศา ในขณะที่ส่งคอนกรีต
- 7) ข้อมืองอมากกว่า 15 องศา ขณะถือถังคอนกรีต
- 8) มีการจับหูถังคอนกรีตได้อย่างถนัดมือ
- 9) ในขั้นตอนการตักมีการทำงานมากกว่า 4 ครั้งต่อนาที

ขั้นตอนการเทคอนกรีต

- 1) ก้มคอ อยู่ในระหว่าง 0-20 องศา เพื่омองถังคอนกรีต และหมุนศีรษะเพื่омองจุดที่จะเทคอนกรีต
- 2) เอียงและก้มตัว 20-60 องศา เพื่อหยิบถัง และบิดตัวเพื่อเทคอนกรีต
- 3) กางขาทั้งสองข้าง และงอเข่าเล็กน้อย อยู่ในช่วง 30-60 องศา เพื่อพยุงตัว ในขณะที่เทคอนกรีต
- 4) คอนกรีตที่ส่งมีน้ำหนัก ประมาณ 3 กิโลกรัม
- 5) ยกแขนส่วนบน 45-90 องศา เพื่อเทถังคอนกรีต
- 6) งอแขนส่วนล่างในช่วง 60-100 องศา ในขณะที่เทคอนกรีต
- 7) ข้อมืองอมากกว่า 15 องศา ขณะถือและเทคอนกรีต
- 8) ในขณะที่เทจะใช้มือซ้ายจับที่ก้นถังซึ่งมีพื้นที่ให้จับแต่ไม่เหมาะสมนัก และมือขวาจะทำการจับหูของถังคอนกรีตได้อย่างถนัดมือ
- 9) ในขั้นตอนการตักมีการทำงานมากกว่า 4 ครั้งต่อนาที

ตารางที่ 4.22 ทำทางของส่วนต่าง ๆ ของร่างกายในการทำงานคอนกรีตในแนวดิ่ง

ขั้นตอนการตัก			
ขั้นตอนการส่ง			
ขั้นตอนการเท			

การทำงานคอนกรีตในแนวดิ่ง

ขั้นตอนการตักคอนกรีต

- 1) ก้มคอ อยู่ในระหว่าง 0-20 องศา เพื่อมองถึงคอนกรีต มีการหมุนคอเพื่อมองไปยังถึงที่จะเทคอนกรีต
- 2) ก้มลำตัวมากกว่า 60 องศา เพื่อตักคอนกรีต และมีการบิดตัวเมื่อนำคอนกรีตที่ตักได้เทลงในถังเปล่า
- 3) กางขาทั้งสองข้าง และงอเข่าเล็กน้อย อยู่ในช่วง 30-60 องศา เพื่อพยุงตัวในขณะที่ตักคอนกรีต

- 4) คอนกรีตที่ตักมีน้ำหนัก ประมาณ 3 กิโลกรัม
- 5) ยกแขนส่วนบน มากกว่า 90 องศา ในขณะที่ก้มตัวเพื่อตักคอนกรีต
- 6) งอแขนส่วนล่างในช่วง 60-100 องศา ในขณะที่ก้มตัวเพื่อตักคอนกรีต
- 7) งอข้อมือมากกว่า 15 องศา และหมุนข้อมือ เพื่อตักคอนกรีต
- 8) ในขณะที่ตักจะใช้มือซ้ายเพื่อจับหูของถังแต่เมื่อขวาจะทำการจับที่ก้นถัง ซึ่งมีพื้นที่ให้จับแต่ไม่เหมาะสมนัก
- 9) ในขั้นตอนการตักมีการทำงานมากกว่า 4 ครั้งต่อนาที

ขั้นตอนการส่งคอนกรีต

- 1) เงยคอ เพื่อดูมองถังคอนกรีต และตำแหน่งในการส่งถังคอนกรีต
- 2) เอ็นหลังเล็กน้อย และบิดตัว เพื่อส่งถังคอนกรีตในแนวตั้ง (170 ซม.)
- 3) ใช้ขาข้างเดียวในการรับน้ำหนักขณะส่งถังคอนกรีต
- 4) คอนกรีตที่ส่งมีน้ำหนัก ประมาณ 3 กิโลกรัม
- 5) ยกแขนส่วนบน มากกว่า 90 องศา เพื่อส่งถังคอนกรีต
- 6) งอแขนส่วนล่างในช่วง 0-60 องศา ในขณะที่ส่งคอนกรีต
- 7) ข้อมืองอมากกว่า 15 องศา ขณะถือถังคอนกรีต
- 8) มีการจับหูถังคอนกรีตได้อย่างถนัดมือ
- 9) ในขั้นตอนการตักมีการทำงานมากกว่า 4 ครั้งต่อนาที

ขั้นตอนการเทคอนกรีต

- 1) ก้มคอ อยู่ระหว่าง 0-20 องศา เพื่อดูมองจุดที่จะเทคอนกรีต
- 2) เอียงและก้มตัว 0-20 องศา เพื่อเทคอนกรีต
- 3) ยืนบนขาทั้งสองข้าง และงอเข่าเล็กน้อย อยู่ในช่วง 30-60 องศา เพื่อพยุงตัวในขณะที่เทคอนกรีต
- 4) คอนกรีตที่ส่งมีน้ำหนัก ประมาณ 3 กิโลกรัม
- 5) ยกแขนส่วนบน มากกว่า 90 องศา เพื่อเทถังคอนกรีต
- 6) งอแขนส่วนล่างในช่วง 0-60 องศา ในขณะที่เทคอนกรีต
- 7) ข้อมืองอมากกว่า 15 องศา ขณะถือ และหมุนข้อมือเพื่อเทคอนกรีต
- 8) ในขณะที่เทจะใช้มือซ้ายจับหูของถังคอนกรีตได้อย่างถนัดมือ และมือขวา จะทำการจับที่ก้นถังซึ่งมีพื้นที่ให้จับแต่ไม่เหมาะสมนัก
- 9) ในขั้นตอนการตักมีการทำงานมากกว่า 4 ครั้งต่อนาที

จากการอธิบายท่าทางของส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย และปัจจัยต่าง ๆ ในขณะทำงานดังที่กล่าวข้างต้น สามารถนำไปวิเคราะห์โดยใช้แบบประเมิน Rapid Entire Body

Assessment ดังภาคผนวก ข ซึ่งผลการประเมินท่าทางการทำงานทั้ง 3 ขั้นตอน ของการทำงาน
คอนกรีตในแนวระนาบและการทำงานคอนกรีตในแนวตั้ง สรุปได้ดังนี้

การทำงานคอนกรีตในแนวระนาบ

- ขั้นตอนการตักคอนกรีต มีคะแนน ดังนี้

กลุ่ม A

คะแนนคอ	ได้คะแนน	2
คะแนนหลัง	ได้คะแนน	5
คะแนนขา	ได้คะแนน	2

เปิดตารางกลุ่ม A ได้เท่ากับ 7 คะแนนน้ำหนักที่ยก +0 คะแนนรวมกลุ่ม A คือ 7

กลุ่ม B

คะแนนแขนส่วนบน	ได้คะแนน	4
คะแนนแขนส่วนล่าง	ได้คะแนน	1
คะแนนข้อมือ	ได้คะแนน	3

เปิดตารางกลุ่ม B ได้เท่ากับ 5 คะแนนการหีบจับอุปกรณ์ +1 คะแนนรวมกลุ่ม B
คือ 6 จากนั้นเปิดตาราง C ได้เท่ากับ 9 คะแนนการทำงาน +1

คะแนนรวมทั้งหมด คือ 10 หมายความว่า มีระดับความเสี่ยง สูง หมายความว่า
ท่าทางการทำงานนั้นมีปัญหาทางกายศาสตร์ ต้องได้รับการปรับปรุงโดยเร็ว

- ขั้นตอนการส่งคอนกรีต มีคะแนน ดังนี้

กลุ่ม A

คะแนนคอ	ได้คะแนน	1
คะแนนหลัง	ได้คะแนน	5
คะแนนขา	ได้คะแนน	2

เปิดตารางกลุ่ม A ได้เท่ากับ 6 คะแนนน้ำหนักที่ยก +0 คะแนนรวมกลุ่ม A คือ 6

กลุ่ม B

คะแนนแขนส่วนบน	ได้คะแนน	2
คะแนนแขนส่วนล่าง	ได้คะแนน	1
คะแนนข้อมือ	ได้คะแนน	2

เปิดตารางกลุ่ม B ได้เท่ากับ 2 คะแนนการหีบจับอุปกรณ์ +0 คะแนนรวมกลุ่ม B
คือ 2 จากนั้นเปิดตาราง C ได้เท่ากับ 6 คะแนนการทำงาน +1

คะแนนรวมทั้งหมด คือ 7 หมายความว่า มีระดับความเสี่ยง ปานกลาง
หมายความว่า ทำางการทำงานนั้นควรได้รับการปรับปรุง และวิเคราะห์เพิ่มเติม

- ขั้นตอนการเทคอนกรีต มีคะแนน ดังนี้

กลุ่ม A

คะแนนคอ	ได้คะแนน	2
คะแนนหลัง	ได้คะแนน	5
คะแนนขา	ได้คะแนน	2

เปิดตารางกลุ่ม A ได้เท่ากับ 6 คะแนนน้ำหนักที่ยก +6 คะแนนรวมกลุ่ม A คือ 6

กลุ่ม B

คะแนนแขนส่วนบน	ได้คะแนน	3
คะแนนแขนส่วนล่าง	ได้คะแนน	1
คะแนนข้อมือ	ได้คะแนน	3

เปิดตารางกลุ่ม B ได้เท่ากับ 5 คะแนนการหีบจับอุปกรณ์ +1 คะแนนรวมกลุ่ม B
คือ 6 จากนั้นเปิดตาราง C ได้เท่ากับ 8 คะแนนการทำงาน +1

คะแนนรวมทั้งหมด คือ 9 หมายความว่า มีระดับความเสี่ยง สูง หมายความว่า
ทำางการทำงานนั้นมีปัญหาทางการยศาสตร์ ต้องได้รับการปรับปรุงโดยเร็ว

การทำงานคอนกรีตในแนวดิ่ง

- ขั้นตอนการตักคอนกรีต มีคะแนน ดังนี้

กลุ่ม A

คะแนนคอ	ได้คะแนน	2
คะแนนหลัง	ได้คะแนน	5
คะแนนขา	ได้คะแนน	2

เปิดตารางกลุ่ม A ได้เท่ากับ 7 คะแนนน้ำหนักที่ยก +0 คะแนนรวมกลุ่ม A คือ 7

กลุ่ม B

คะแนนแขนส่วนบน	ได้คะแนน	4
คะแนนแขนส่วนล่าง	ได้คะแนน	1
คะแนนข้อมือ	ได้คะแนน	3

เปิดตารางกลุ่ม B ได้เท่ากับ 5 คะแนนการหีบจับอุปกรณ์ +1 คะแนนรวมกลุ่ม B
คือ 6 จากนั้นเปิดตาราง C ได้เท่ากับ 9 คะแนนการทำงาน +1

คะแนนรวมทั้งหมด คือ 10 หมายความว่า มีระดับความเสี่ยง สูง หมายความว่า
ท่าทางการทำงานนั้นมีปัญหาทางการยศาสตร์ ต้องได้รับการปรับปรุงโดยเร็ว

- ขั้นตอนการส่งคอนกรีต มีคะแนน ดังนี้

กลุ่ม A

คะแนนคอ	ได้คะแนน	2
คะแนนหลัง	ได้คะแนน	3
คะแนนขา	ได้คะแนน	2

เปิดตารางกลุ่ม A ได้เท่ากับ 5 คะแนนน้ำหนักที่ยก +0 คะแนนรวมกลุ่ม A คือ 5

กลุ่ม B

คะแนนแขนส่วนบน	ได้คะแนน	4
คะแนนแขนส่วนล่าง	ได้คะแนน	2
คะแนนข้อมือ	ได้คะแนน	2

เปิดตารางกลุ่ม B ได้เท่ากับ 6 คะแนนการหยิบจับอุปกรณ์ +0 คะแนนรวมกลุ่ม B
คือ 6 จากนั้นเปิดตาราง C ได้เท่ากับ 7 คะแนนการทำงาน +1

คะแนนรวมทั้งหมด คือ 8 หมายความว่า มีระดับความเสี่ยง สูง หมายความว่า
ท่าทางการทำงานนั้นมีปัญหาทางการยศาสตร์ ต้องได้รับการปรับปรุงโดยเร็ว

- ขั้นตอนการเทคอนกรีต มีคะแนน ดังนี้

กลุ่ม A

คะแนนคอ	ได้คะแนน	2
คะแนนหลัง	ได้คะแนน	2
คะแนนขา	ได้คะแนน	2

เปิดตารางกลุ่ม A ได้เท่ากับ 4 คะแนนน้ำหนักที่ยก +0 คะแนนรวมกลุ่ม A คือ 4

กลุ่ม B

คะแนนแขนส่วนบน	ได้คะแนน	4
คะแนนแขนส่วนล่าง	ได้คะแนน	2
คะแนนข้อมือ	ได้คะแนน	3

เปิดตารางกลุ่ม B ได้เท่ากับ 7 คะแนนการหยิบจับอุปกรณ์ +1 คะแนนรวมกลุ่ม B
คือ 8 จากนั้นเปิดตาราง C ได้เท่ากับ 8 คะแนนการทำงาน +1

คะแนนรวมทั้งหมด คือ 9 หมายความว่า มีระดับความเสี่ยง สูง หมายความว่า
ท่าทางการทำงานนั้นมีปัญหาทางการยศาสตร์ ต้องได้รับการปรับปรุงโดยเร็ว

- 4.7 การทดสอบการออกแรงกล้ามเนื้อในการทำงาน โดยการวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ**
ผลการคำนวณค่าร้อยละของการออกแรงสูงสุดของกล้ามเนื้อส่วนต่าง ๆ ในการทำงานแต่ละขั้นตอน แสดงดังตารางที่ 4.21



ตารางที่ 4.23 ตารางค่าร้อยละของการออกแรงสูงสุดของการทำงานของกล้ามเนื้อ 4 ชุด ในขั้นตอนต่าง ๆ ของงานคอนกรีต

ผู้ถูกทดสอบ	ตัก				ส่ง(ร่นาน)				ส่ง(ตั้ง)				เท			
	ไมเขพ	เดลทอยด์	อิเรกเตอร์สไปนี	ทราพีเซียส	ไมเขพ	เดลทอยด์	อิเรกเตอร์สไปนี	ทราพีเซียส	ไมเขพ	เดลทอยด์	อิเรกเตอร์สไปนี	ทราพีเซียส	ไมเขพ	เดลทอยด์	อิเรกเตอร์สไปนี	ทราพีเซียส
1	7.99	7.14	9.39	4.65	9.81	10.15	42.86	27.45	8.72	17.12	43.27	75.08	3.63	4.44	43.27	9.29
2	6.49	18.43	8.34	11.62	8.82	20.21	75	15.33	15.69	35.96	78.71	70.46	5.71	11.59	56.49	6.43
3	12.67	23.46	6.53	3.53	7.97	30.62	20.66	25.7	11.65	40.56	35.87	65.5	4.7	12.33	18.48	3.53
4	75.7	28.85	14.52	16.67	47.87	48.23	62.47	57.47	29.32	45.65	68.14	71.74	30.06	21.96	39.75	22.67
5	13.43	24.75	12.77	4.7	7.38	17.94	37.09	21.88	9.15	19.8	40.73	59.57	5.76	9.7	18.85	11.57
6	9.87	22.6	8.73	23.63	5.29	42.19	9.35	15.48	12.44	86.26	16.83	35.04	2.01	9.8	26.17	4.08
7	16.36	41.74	5.16	13.91	7.18	31.56	46.36	23.83	12.63	39.19	51.51	51.07	14.07	23.92	31.76	17.31
8	9.88	14.74	5.7	14.56	12.92	19.14	34.82	26.6	15.96	23.74	31.65	63.13	6.08	8.23	24.69	12.32
9	85.83	61.54	8.8	21.43	73.14	53.57	52	40.04	31.35	25.36	40.8	84.78	30.23	10.83	24	8.84
10	3.99	35.82	7.28	5.3	4.18	21.56	37.58	10.21	6.13	22.19	28.49	37.3	4.92	18.71	24.25	9.03
11	10.85	25.36	11.32	28.23	17.8	42.2	37.18	54.88	13.07	55.44	41.62	96.71	11.12	13.06	30.31	22.21
12	7.23	24.14	26.84	11.51	17.18	17.45	35.79	3.52	4.19	30.83	38.98	61.35	9.22	9.8	31.95	2.72
13	17.21	60.77	20.52	12.7	13.69	26.16	55.39	30.06	4.15	20.93	49.24	40	9.55	16.1	42.06	10.16
14	12.71	11.58	30.11	5.13	11.55	7.72	58.07	7.98	11.55	28.43	58.07	44.45	6.7	7.02	49.47	7.98
15	14.67	32.46	10.02	5.82	8.24	21.48	50.39	39.58	12.36	33.84	64.51	75.63	5.96	15.74	50.31	8.35
เฉลี่ย	20.33	28.89	12.4	12.23	16.87	27.35	43.67	26.67	13.22	35.02	45.89	62.12	9.98	12.88	34.12	10.43

จากค่าร้อยละของการออกแรงสูงสุดสามารถนำมาวิเคราะห์ได้ ดังนี้

- ขั้นตอนการเท พบว่าการออกแรงสูงที่สุดอยู่ในกล้ามเนื้ออิเรกเตอร์สไปนี
- ขั้นตอนการส่งแนวระนาบ พบว่าการออกแรงสูงที่สุดอยู่ในกล้ามเนื้ออิเรกเตอร์สไปนี
- ขั้นตอนการส่งแนวตั้ง พบว่ามีการออกแรงส่วนใหญ่อยู่ในกล้ามเนื้อทราพีเซียส และกล้ามเนื้ออิเรกเตอร์สไปนี
- ขั้นตอนการดัก พบการกระจายกระจายของข้อมูลอยู่พอสมควรแต่มีแนวโน้มพบว่าการออกแรงส่วนใหญ่อยู่ในกล้ามเนื้อไบเซพ และกล้ามเนื้อเดลทอยด์

4.8 แบบสอบถามความรู้สึกเมื่อยล้าของร่างกาย (Body Discomfort Map)

จากการทดสอบการออกแรงกล้ามเนื้อในการทำงาน ดังหัวข้อที่ 4.7 ผู้ถูกทดสอบได้ปฏิบัติงานในขั้นตอนต่าง ๆ โดยมีท่าทางการทำงานที่เหมือนการทำงานจริงของผู้ใช้แรงงานในงานคอนกรีต ผู้ถูกทดสอบแต่ละคนได้ทำการทดสอบทั้งหมด 3 ขั้นตอน ได้แก่ การดัก การส่ง (แนวระนาบ, แนวตั้ง) และการเท โดยจะทำการทดสอบขั้นตอนละ 30 รอบการทำงาน หลังจากนั้นทำการสำรวจความเมื่อยล้าของร่างกายของผู้ถูกทดสอบ โดยใช้แบบสอบถามความรู้สึกเมื่อยล้าของร่างกาย

ตารางที่ 4.24 ผลการสอบถามความรู้สึกเมื่อใช้ร่างกาย

ส่วนของร่างกาย	ไม่เมื่อยเลย	ร้อยละ	เมื่อยน้อยมาก	ร้อยละ	เมื่อยเล็กน้อย	ร้อยละ	เมื่อยปานกลาง	ร้อยละ	เมื่อยค่อนข้างมาก	ร้อยละ	เมื่อยอย่างมาก	ร้อยละ	เมื่อยอย่างมากที่สุด	ร้อยละ	เมื่อยมากเกือบที่สุด	ร้อยละ	เมื่อยมากที่สุดจนทนไม่ไหว	ร้อยละ
	0		1		2		3		4		5		6-7-8		9		10	
0	5	33.34	8	53.34	1	6.67	1	6.67		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00
1	3	20.00	5	33.34	2	13.34	3	20.00		0.00	1	6.67	1	6.67		0.00		0.00
2		0.00		0.00	4	26.67	2	13.34	1	6.67	2	13.34	6	40.00		0.00		0.00
3	5	33.34	10	66.67	1	6.67		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00
4	1	6.67	1	6.67	2	13.34	8	53.34		0.00	1	6.67	2	13.34		0.00		0.00
5	3	20.00	1	6.67	3	20.00	1	6.67		0.00	5	33.34	2	13.34		0.00		0.00
6	2	13.34	8	53.34		0.00	1	6.67	1	6.67	1	6.67	2	13.34		0.00		0.00
7		0.00	1	6.67	1	6.67	1	6.67	1	6.67	1	6.67	9	60.00	1	6.67		0.00
8	5	33.34	7	46.67	1	6.67		0.00	1	6.67		0.00	1	6.67		0.00		0.00
9	6	40.00	3	20.00	1	6.67	2	13.34		0.00	1	6.67	1	6.67	1	6.67		0.00
10	7	46.67	5	33.34	1	6.67		0.00	2	13.34		0.00		0.00		0.00		0.00
11	12	80.00	2	13.34		0.00	1	6.67		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00
12	7	46.67	5	33.34	1	6.67	1	6.67	1	6.67		0.00		0.00		0.00		0.00
13	2	13.34	3	20.00	3	20.00		0.00	5	33.34	1	6.67	1	6.67		0.00		0.00
14	7	46.67	1	6.67	2	13.34	3	20.00	1	6.67	1	6.67		0.00		0.00		0.00
15	8	53.34	3	20.00	2	13.34	1	6.67		0.00		0.00	1	6.67		0.00		0.00
16	9	60.00	3	20.00	2	13.34	1	6.67		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00
17	10	66.67	4	26.67		0.00		0.00		0.00	1	6.67		0.00		0.00		0.00
18	14	93.34	1	6.67		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00
19	14	93.34	1	6.67		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00
ศีรษะ		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00
ตา		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00
หู		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00
ฝ่าเท้า		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00

ตารางที่ 4.22 แสดงตารางผลการรวบรวมข้อมูลจากแบบสอบถามความรู้สึกเมื่อย่ำของร่างกายโดยได้คำนวณร้อยละของค่าความเมื่อยล้าส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย จากรูปข้างต้นสามารถอธิบายข้อมูลจากผู้ถูกทดสอบในการตอบแบบสอบถามความรู้สึกเมื่อย่ำของร่างกาย ได้ดังนี้

- ร่างกายส่วนที่ 0 คือ ต้นคอ เมื่อยน้อยมาก คิดเป็น ร้อยละ 53.34
- ร่างกายส่วนที่ 1 คือ คอ เมื่อยน้อยมาก คิดเป็น ร้อยละ 33.34
- ร่างกายส่วนที่ 2 คือ หัวไหล่ เมื่อยอย่างมาก ๆ คิดเป็น ร้อยละ 40
- ร่างกายส่วนที่ 3 คือ หลังส่วนบน เมื่อยน้อยมาก คิดเป็น ร้อยละ 66.67
- ร่างกายส่วนที่ 4 คือ แขนส่วนบน เมื่อยปานกลาง คิดเป็น ร้อยละ 53.34
- ร่างกายส่วนที่ 5 คือ หลังส่วนกลาง เมื่อยอย่างมาก คิดเป็น ร้อยละ 33.34
- ร่างกายส่วนที่ 6 คือ ข้อศอก เมื่อยน้อยมาก คิดเป็น ร้อยละ 53.34
- ร่างกายส่วนที่ 7 คือ หลังส่วนล่าง เมื่อยอย่างมาก ๆ คิดเป็น ร้อยละ 60
- ร่างกายส่วนที่ 8 คือ แขนส่วนล่าง เมื่อยน้อยมาก คิดเป็น ร้อยละ 46.67
- ร่างกายส่วนที่ 13 คือ ต้นขา เมื่อยค่อนข้างมาก คิดเป็น ร้อยละ 33.34
- ร่างกายส่วนอื่น ๆ นอกเหนือจากนี้ พบว่า ไม่มีอาการเมื่อยเลย

จากผลของข้อมูลสามารถสรุปได้ว่าการทดสอบการทำงานทั้ง 3 ขั้นตอนของการทำงาน แนวนราบและแนวตั้ง ซึ่งได้แก่ การตัด การส่ง และการเท ทำให้ส่งผลกระทบต่ออาการเมื่อยล้าของร่างกายส่วนต่าง ๆ ส่วนใหญ่จะเกิดความเมื่อยล้าของร่างกายส่วนบน โดยพบว่า มีความปวดเมื่อยอย่างมากที่หลังส่วนกลาง และมีความปวดเมื่อยอย่างมาก ๆ ที่หัวไหล่ และหลังส่วนล่าง ในร่างกายส่วนล่างยังพบว่า ที่ต้นขา มีความปวดเมื่อยค่อนข้างมาก

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ ดังนี้ คือ 1. เพื่อประเมินความเครียดจากการทำงานคอนกรีตของผู้ใช้แรงงานก่อสร้างอาคาร 2. เพื่อป้องกันปัจจัยเสี่ยงอันเนื่องมาจากงานคอนกรีตของผู้ใช้แรงงานก่อสร้างอาคาร 3. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบผลจากการส่งคอนกรีตในแนวระนาบและแนวตั้ง ที่มีผลต่อความเครียดทางสรีรวิทยา การทำงานคอนกรีตส่วนใหญ่จะทำงานกลางแจ้งท่ามกลางลักษณะอากาศที่ร้อน และทำงานต่อเนื่องกันเป็นเวลา 1-2 ชั่วโมง หรือบางครั้งอาจจะมากกว่า 2 ชั่วโมงแล้วแต่น้ำงานว่าจะมีการเทคอนกรีตมากน้อยเพียงใด ขั้นตอนในการทำงานคอนกรีตสำหรับการหล่อตอม่อ เสา ประกอบด้วย 1. ขั้นตอนการส่งคอนกรีต 2. ขั้นตอนการส่งคอนกรีต (แนวระนาบ, แนวตั้ง) 3. ขั้นตอนการเทคอนกรีต โดยแบ่งการทำงานออกเป็น 2 แบบ คือ การทำงานคอนกรีตในแนวระนาบ และการทำงานคอนกรีตในแนวตั้ง ซึ่งในแต่ละขั้นตอนมีการทำงานที่ต่อเนื่องกัน และมีการออกแรงเพื่อยกถังคอนกรีตที่มีน้ำหนักประมาณ 3 กิโลกรัม ตลอดทั้งการทำงาน

การวิจัยนี้ได้ทำการสุ่มเลือกผู้ใช้แรงงานในการทำงานคอนกรีตจาก บริษัท เทคโนโลยี (2001) จำกัด ในการทดสอบและสำรวจข้อมูลการปวดเมื่อยหรือบาดเจ็บจากการทำงานจำนวนทั้งหมด 21 คน โดยแบ่งผู้ถูกทดสอบออกเป็น 3 กลุ่มเท่า ๆ กัน โดยการสุ่ม (การตักคอนกรีต, การส่งคอนกรีต, การเทคอนกรีต) จากนั้นทำการวัดอัตราการเต้นของหัวใจของผู้ใช้แรงงานในการทำงานคอนกรีต เพื่อนำมาวิเคราะห์อัตราการเต้นของหัวใจในขณะทำงาน และอัตราการเพิ่มขึ้นของการเต้นของหัวใจ โดยเปรียบเทียบกับข้อเสนอแนะของ Brouha (1967) เพื่อวิเคราะห์ภาระงานและทำการวิเคราะห์หาผลกระทบของการส่งคอนกรีตในแนวระนาบและแนวตั้งที่มีต่ออัตราการเต้นของหัวใจ ซึ่งทำการวิเคราะห์จากการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และทำการประเมินความเสี่ยงทางการยศาสตร์จากการทำงานคอนกรีต โดยทำการประเมินจากแบบประเมินดังต่อไปนี้ ดัชนีความเครียด (Strain Index) แบบประเมินท่าทางการทำงาน (OWAS) แบบประเมินส่วนของร่างกายทั้งหมดอย่างรวดเร็ว (REBA) และแบบสอบถามมาตรฐานนอร์ดิก (Standardised

Nordic Questionnaires) งานวิจัยนี้ยังได้ทำการทดสอบการออกแรงของกล้ามเนื้อส่วนต่าง ๆ ที่ใช้ในการทำงานคอนกรีตด้วยการวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (EMG) ซึ่งทำการทดสอบจากผู้เข้าร่วมทดสอบทั้งหมด 15 คนในห้องปฏิบัติการ ผู้ถูกทดสอบทั้งหมดปฏิบัติงานทั้ง 3 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนการตักคอนกรีต ขั้นตอนการส่งคอนกรีต(แนวระนาบ, แนวตั้ง) และขั้นตอนการเทคอนกรีต โดยการทำงานแต่ละขั้นตอนนั้นมีลักษณะท่าทางการทำงานที่ใกล้เคียงการทำงานจริง จากนั้นให้ผู้ถูกทดสอบทำการประเมินความเมื่อยล้าของร่างกายโดยใช้แบบสอบถามความรู้สึกเมื่อยล้าของร่างกาย (Body Discomfort Map)

ผลจากการรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลจากการวิจัย สามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

1. การทำงานแต่ละขั้นตอนของการทำงานคอนกรีตในแนวระนาบ และแนวตั้ง สามารถหาจนวนรอบเวลาการทำงานในแต่ละขั้นตอน ดังนี้ การทำงานคอนกรีตในแนวระนาบ ขั้นตอนการตัก, ส่ง, และเท มีจนวนรอบเวลาในการทำงาน 1 รอบ เท่ากับ 3.70, 2.64, และ 2.67 วินาทีตามลำดับ ในขณะที่การทำงานคอนกรีตในแนวตั้ง ขั้นตอนการตัก, ส่ง, และเท มีจนวนรอบเวลาในการทำงาน 1 รอบ เท่ากับ 4.19, 5.02, และ 5.00 วินาทีตามลำดับ
2. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการเจ็บปวดส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย โดยใช้แบบสอบถามมาตรฐานนอร์ดิค พบว่าการทำงานคอนกรีตมีผลกระทบต่อหลังส่วนล่าง ในอัตราส่วนร้อยละ 100 ของผู้ใช้แรงงานทั้งหมด มีผลกระทบต่อต้นขา ในอัตราส่วนร้อยละ 92.86 ของผู้ใช้แรงงานทั้งหมด และมีผลกระทบต่อหัวไหล่และข้อมือ/มือ ในอัตราส่วนร้อยละ 71.43 ของผู้ใช้แรงงานทั้งหมด
3. การประเมินผลกระทบจากการทำงานที่มีต่อร่างกาย โดยวัดจากอัตราการเต้นของหัวใจ พบว่าการตักคอนกรีตในการทำงานแนวตั้ง การส่งคอนกรีตในการทำงานแนวตั้ง และการเทคอนกรีตในการทำงานแนวตั้งมีอัตราการเต้นของหัวใจในขณะที่ทำงาน คือ 116 141 และ 114 ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่า 110 ครั้งต่อนาที และมากกว่าข้อแนะนำของ Brouha (1967) ดังนั้นการทำงานคอนกรีต มีความเสี่ยงที่จะเกิดความล้มเหลวของระบบหมุนเวียนโลหิต และอาจทำให้เกิดอาการปวดเมื่อยหรือบาดเจ็บในการทำงานได้
4. การวิเคราะห์การเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นของหัวใจในขณะที่ทำงาน พบว่าเมื่อเปรียบเทียบการทำงานคอนกรีตทั้ง 3 ขั้นตอน (การตัก, การส่ง, การเท) ในการ

- ทำงานคอนกรีตในแนวระนาบและแนวดิ่ง ค่าเฉลี่ยการเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นของหัวใจทั้ง 3 ขั้นตอนในการทำงานคอนกรีตในแนวดิ่งนั้นมีค่าสูงที่สุด คือ 31 33 และ 35 ครั้งต่อนาทีตามลำดับ ซึ่งสามารถบ่งบอกได้ว่าการทำงานคอนกรีตในแนวดิ่งมีความเสี่ยงที่จะเกิดความล้มเหลวของระบบหมุนเวียนโลหิตได้
5. การวิเคราะห์ความแปรปรวนจากการเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นของหัวใจ สามารถสรุปได้ว่า ขั้นตอนการทำงานทั้ง 3 ขั้นตอน ลักษณะการส่งคอนกรีตทั้ง 2 แบบ (แนวระนาบ, แนวดิ่ง) และผู้ถูกทดสอบแต่ละคน มีผลกระทบต่อการเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นของหัวใจอย่างมีนัยสำคัญ โดยมีค่าพี (P-Value) ที่ 0.009, 0.000 และ 0.001 ตามลำดับ
 6. ค่าดัชนีความเครียดในการทำงานคอนกรีตในแนวระนาบ ของขั้นตอนการทำงานทั้ง 3 ขั้นตอน และการทำงานคอนกรีตในแนวดิ่ง ของขั้นตอนการส่ง และการเทคอนกรีต มีค่าดัชนีความเครียด เท่ากับ 9 หมายความว่า การทำงานไม่ปลอดภัย ในขณะที่ขั้นตอนการตักคอนกรีต ในการทำงานคอนกรีตในแนวดิ่ง มีค่าดัชนีความเครียด เท่ากับ 12 หมายความว่า การทำงานไม่ปลอดภัยเช่นเดียวกัน
 7. การประเมินท่าทางการทำงานโดยใช้ OWAS พบว่า ในขั้นตอนการตักของการทำงานคอนกรีตในแนวระนาบและแนวดิ่ง และขั้นตอนการเท ในการทำงานคอนกรีตในแนวระนาบ ควรแก้ไขวิธีการทำงานในทันที ในขณะที่ขั้นตอนการส่ง และขั้นตอนการเทคอนกรีตของการทำงานคอนกรีตในแนวดิ่ง ควรมีการแก้ไขวิธีการทำงานในเร็ว ๆ นี้ และขั้นตอนการส่งของการทำงานคอนกรีตในแนวระนาบ ไม่ต้องแก้ไขวิธีการทำงาน
 8. การวิเคราะห์ความเสี่ยงต่ออาการบาดเจ็บในการทำงาน โดยใช้แบบประเมิน Rapid Entire Body Assessment (REBA) พบว่าขั้นตอนการทำงานทั้ง 3 ขั้นตอน ของการทำงานคอนกรีตในแนวดิ่ง มีความเสี่ยงสูง ต้องได้รับการปรับปรุงโดยเร็ว ขั้นตอนการตัก และขั้นตอนการเทคอนกรีตของการทำงานคอนกรีตในแนวระนาบ มีความเสี่ยงสูง ต้องได้รับการปรับปรุงโดยเร็ว และขั้นตอนการส่งคอนกรีตของการทำงานคอนกรีตในแนวระนาบ มีความเสี่ยงปานกลาง ซึ่งท่าทางการทำงานนั้นควรได้รับการปรับปรุง และวิเคราะห์เพิ่มเติม
 9. การวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (EMG) สามารถแสดงให้เห็นว่า ในขั้นตอนการตักคอนกรีตมีแนวโน้มว่ามีการใช้การออกแรงจากกล้ามเนื้อไบเซพ โดยเฉลี่ย

20.33%MVC และกล้ามเนื้อเดลทอยด์ โดยเฉลี่ย 28.89%MVC ขั้นตอนการเทคอนกรีต และขั้นตอนการส่งคอนกรีตในแนวระนาบมีการออกแรงสูงที่สุดในกล้ามเนื้ออิริคเตอร์สไปนี โดยเฉลี่ย 34.12%MVC และ 43.67%MVC ตามลำดับ ส่วนขั้นตอนการส่งคอนกรีตในแนวตั้งมีการออกแรงส่วนใหญ่อยู่ในกล้ามเนื้อทราพีเซียส และกล้ามเนื้ออิริคเตอร์สไปนี โดยเฉลี่ย 62.12%MVC และ 45.89%MVC ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์ค่าร้อยละของการออกแรงของกล้ามเนื้อ แสดงให้เห็นว่าในการทำงานคอนกรีตทั้ง 3 ขั้นตอนมีการใช้กล้ามเนื้อในส่วนใดในการออกแรงมากที่สุด เพื่อใช้เป็นแนวทางในการออกแบบการทำงานเพื่อลดการใช้กล้ามเนื้อที่มีการออกแรงในการทำงานที่มีค่ามาก ๆ

10. การสอบถามความรู้สึกเมื่อยล้าในการทำงานจากแบบสอบถาม Body Discomfort Map พบว่า มีความปวดเมื่อยค่อนข้างมากที่ต้นขา มีความปวดเมื่อยอย่างมากที่หลังส่วนกลาง และมีความปวดเมื่อยอย่างมาก ๆ ที่หัวไหล่ และหลังส่วนล่าง

5.2 การนำผลไปใช้ในทางปฏิบัติ

จากผลการวัดอัตราการเต้นของหัวใจ การประเมินท่าทางการทำงาน และการหาค่าร้อยละของการออกแรงของกล้ามเนื้อในงานวิจัยนี้ สามารถนำไปใช้ในการออกแบบการทำงานหรือท่าทางการทำงานให้เหมาะสม หรือนำไปใช้เป็นข้อมูลในการออกแบบอุปกรณ์เพื่อช่วยลดความเสี่ยงจากการทำงานคอนกรีตของผู้ใช้แรงงานในการก่อสร้างอาคารได้

5.3 ข้อเสนอแนะในการทำงานวิจัยต่อไป

1. ควรทำการวัดอัตราการใช้ออกซิเจนในการทำงาน ควบคู่ไปกับการวัดอัตราการเต้นของหัวใจ และทำการวัดอัตราการเต้นของหัวใจในช่วง P1 P2 และ P3 ตามหลักการของ Brouha (1967) เพื่อให้ได้ข้อมูลที่น่าเชื่อถือยิ่งขึ้น
2. ควรทำการทดลองต่อเนื่องในการวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ เพื่อหาผลสรุปของข้อมูลการออกแรงของกล้ามเนื้อในขั้นตอนการตักคอนกรีตว่ามีการใช้กล้ามเนื้อส่วนใดมากที่สุด

รายการอ้างอิง

- กรมอุตุนิยมวิทยา (2556). **ฤดูกาลของประเทศไทย**. [ออนไลน์]. 20 มกราคม 2556. ได้จาก <http://www.tmd.go.th/info/info.php?FileID=53>
- จิรนนท์ จะเกรียง (2553). **ผลกระทบต่อสุขภาพกายจากการสัมผัสพลังงานความร้อนขณะทำงานในกลุ่มคนทำนาเกลือจังหวัดสมุทรสงคราม**. ปรินญาณพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, สาขาวิชาอาชีวเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ธีระพงษ์ ปรามสกุล (2553). **การศึกษาอาการบาดเจ็บจากการทำงานก่อสร้างอาคาร กรณีศึกษา หอจ.เทคโนโลยี (2001)**. โครงการงานวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- นริศ เจริญพร. (2543). **การยศาสตร์**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- นิวิท เจริญใจ และคณะ (2550). **การเปรียบเทียบการประเมินท่าทางการทำงานโดยวิธีทางกายศาสตร์ในโรงงานอุตสาหกรรมจังหวัดเชียงใหม่**. ภูเก็ต: การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม.
- ปณัฏฐ์ เอื้อวิทยา (2547). **อุณหภูมิกาย, วัฒนา วัฒนาภา, สุพัตรา โล่ศิริวัฒน์, สุพรพิมพ์ เจียสกุล, บรรณาธิการ. สรีรวิทยา 1 พิมพ์ครั้งที่ 5**. กรุงเทพมหานคร. ภาควิชาสรีรวิทยา คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล. 2547 หน้า 20.
- ปารเมศ ชูติมา (2545). **การออกแบบการทดลองทางวิศวกรรม**. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ โครงการบัณฑิตศึกษา หลักสูตรวิศวกรรมทางการแพทย์ (2555). **การประเมินและการสร้างแบบประเมินความเสี่ยงทางการยศาสตร์**. โครงการอบรมการยศาสตร์เชิงปฏิบัติการ. คณะวิศวกรรมศาสตร์. 12 ตุลาคม 2555.
- วรรณะ ชลาชนเดชะ (2548). **คนกับงาน: 7 ปัจจัยเสี่ยงบาดเจ็บจากการทำงาน**. นิตยสารหมอชาวบ้าน, มีนาคม 2548.
- สมชาย รัตนทองคำ (2554). **การตรวจประสาท-กล้ามเนื้อด้วยไฟฟ้า**. เอกสารประกอบการบรรยาย ไฟฟ้าบำบัดและเครื่องมือการภาพบำบัด.

- สุเทพ ฤทธิเดช (2553). การศึกษาทัศนคติของผู้ใช้แรงงานก่อสร้างเกี่ยวกับความปลอดภัย. โครงการงานวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- สุทธิ ศรีบุรพา (2540). **เออร์گونอมิกส์ วิศวกรรมมนุษย์ปัจจัย**. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดดูเคชั่น.
- สำนักความปลอดภัยแรงงาน กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน (2554) **ความปลอดภัยในงานก่อสร้าง**. [ออนไลน์]. 22 พฤศจิกายน 2554. ได้จาก: <http://www.oshthai.org>
- สำนักงานกองทุนเงินทดแทน สำนักงานประกันสังคม กระทรวงแรงงาน (2554). **ข้อมูลสถิติเงินกองทุนทดแทน**. [ออนไลน์]. 22 พฤศจิกายน 2554. ได้จาก <http://www.sso.go.th>
- สำนักความปลอดภัยแรงงาน (2554). **ความปลอดภัยในงานก่อสร้าง**. [ออนไลน์]. 24 พฤศจิกายน 2554. ได้จาก <http://www.oshthai.org>
- Borg, G. V. (1982). Psychological basis of perceived exertion. **Medicine and Science in Sports and Exercise.**, American College of Sports Medicine. 14: 377-381.
- Brouha, L (1967). **Physiology in Industry**. Pergamon Press, New York.
- Chad, K. E., and Brown, M. M., (1995). Climatic stress in the workplace: its effect on thermoregulatory responses and muscle fatigue in female workers. **Applied Ergonomics**. 26 (1): 29–34.
- Corlett, E. N., and Bishop, R. P. (1976). A technique for assessing postural discomfort. **Applied Ergonomics**. 19: 175-182.
- Hignett, S., and McAtamney, L. (2000). Rapid Entire Body Assessment, REBA. **The Journal Applied Ergonomics**. 31: 201-205.
- Karhu, O., Kansil, P. and Kuorinka, I. (1977). Correcting working postures in industry: A practical method for analysis. **Applied Ergonomics**. 8: 199-201
- Killough, M. K., and Crumpton, L.L. (1996). An investigation of cumulative trauma disorders in the construction industry, **International Journal of Industrial Ergonomics**. 18: 399-405
- Maiti, R. (2008). Workload assessment in building construction related activities in India. **Applied Ergonomics**. 39: 754–765.
- Konrad, P. (2005). **The ABC of EMG. A Practical Introduction to Kinesiological Electromyography**. Noraxon INC. USA.

- Kuorinka I., Jonsson B., Kilbom A., et al (1986). Standardized Nordic questionnaires for the analysis of musculoskeletal symptoms. **Applied Ergonomics** 1987. 18: 233-237.
- Moore, J. S., and Garg, A. (1995). The Strain Index: A proposed method to analyze jobs for risk of distal upper extremity disorders. **American Industrial Hygiene Association Journal**, 56 (5): 443 – 458
- Powers, S.K., and Howley, E.T. (1990). **Exercise physiology: theory and application to fitness and performance**. Dubuque, IA: William C. Brown.



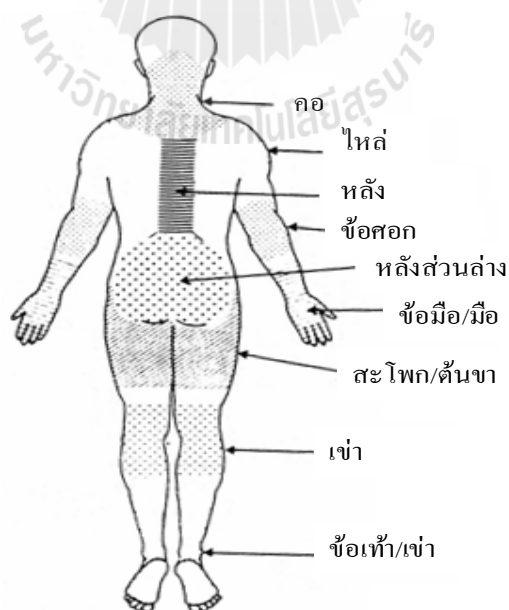


ภาคผนวก ก

แบบสอบถามมาตรฐานนอร์ดิก

วิธีการตอบแบบสอบถาม : กรุณาตอบแบบสอบถามโดยการ X ลงในช่อง ☐ ในแต่ละข้อ ให้ X เพียงอันเดียวเท่านั้น กรุณาตอบทุกข้อ ถึงแม้ว่าคุณไม่มีปัญหาการบาดเจ็บในส่วนใดๆ ของร่างกาย (Kuorinka, 1987)

วัน/เดือน/ปี ที่ตอบแบบสอบถาม	____ / ____ / ____
เพศของผู้ตอบแบบสอบถาม	1. ☐ หญิง 2. ☐ ชาย
ปีเกิด	_____ ปี _____ เดือน
จำนวนปีและเดือนที่ปฏิบัติงานนี้	_____ ชั่วโมงต่อสัปดาห์
น้ำหนัก	_____ กิโลกรัม
ส่วนสูง	_____ เซนติเมตร
ถนัดมือขวาหรือมือซ้าย	1. ☐ ขวา 2. ☐ ซ้าย



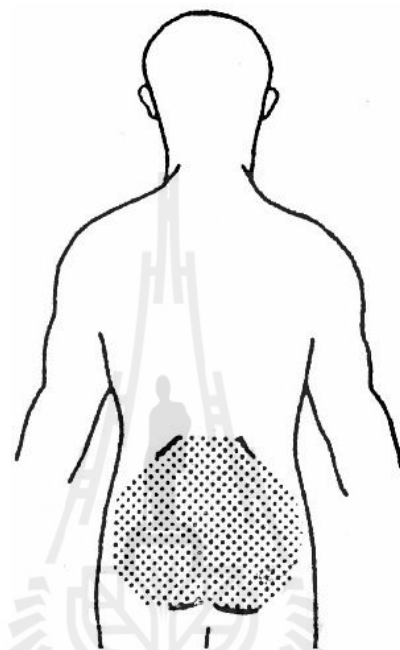
รูปที่ ก.1 แสดงตำแหน่งต่าง ๆ ของร่างกายโดยประมาณตามที่ย่างถึงในแบบสอบถาม

ตารางที่ ก.1 ปัญหาที่เกิดขึ้นในอวัยวะส่วนแขนและขา

ปัญหาที่เกิดขึ้นในอวัยวะส่วนแขนและขา		
ใน 12 เดือนที่ผ่านมา คุณเคยรู้สึกเจ็บปวดหรือไม่สบายในส่วนต่าง ๆ ดังนี้	ตอบ โดยผู้ที่มีปัญหาเกี่ยวกับอวัยวะ	
	ในรอบ 12 เดือนที่ผ่านมา คุณเคยถูกห้ามไม่ให้ทำงานตามปกติ (ทั้งที่บ้านและที่ทำงาน) อันเนื่องจากปัญหาที่เกิดขึ้นกับอวัยวะต่าง ๆ หรือไม่	คุณเคยมีปัญหาในช่วง 7 วัน ที่ผ่านมา หรือไม่
คอ 1. ☐ ไม่ใช่ 2. ☐ ใช่	1. ☐ ไม่ใช่ 2. ☐ ใช่	1. ☐ ไม่ใช่ 2. ☐ ใช่
ไหล่ 1. ☐ ไม่ใช่ 2. ☐ ใช่ ที่ไหล่ข้างขวา 3. ☐ ใช่ ที่ไหล่ข้างซ้าย 4. ☐ ใช่ ที่ไหล่ทั้งสองข้าง	1. ☐ ไม่ใช่ 2. ☐ ใช่	1. ☐ ไม่ใช่ 2. ☐ ใช่
ข้อศอก 1. ☐ ไม่ใช่ 2. ☐ ใช่ ที่ข้อศอกข้างขวา 3. ☐ ใช่ ที่ข้อศอกข้างซ้าย 4. ☐ ใช่ ที่ข้อศอกทั้งสองข้าง	1. ☐ ไม่ใช่ 2. ☐ ใช่	1. ☐ ไม่ใช่ 2. ☐ ใช่
ข้อมือ/มือ 1. ☐ ไม่ใช่ 2. ☐ ใช่ ที่ข้อมือ/มือข้างขวา 3. ☐ ใช่ ที่ข้อมือ/มือข้างซ้าย 4. ☐ ใช่ ที่ข้อมือ/มือทั้งสองข้าง	1. ☐ ไม่ใช่ 2. ☐ ใช่	1. ☐ ไม่ใช่ 2. ☐ ใช่
หลังส่วนบน 1. ☐ ไม่ใช่ 2. ☐ ใช่	1. ☐ ไม่ใช่ 2. ☐ ใช่	1. ☐ ไม่ใช่ 2. ☐ ใช่
หลังส่วนล่าง 1. ☐ ไม่ใช่ 2. ☐ ใช่	1. ☐ ไม่ใช่ 2. ☐ ใช่	1. ☐ ไม่ใช่ 2. ☐ ใช่
สะโพกหรือต้นขา (ข้างเดียวหรือทั้งสองข้าง) 1. ☐ ไม่ใช่ 2. ☐ ใช่	1. ☐ ไม่ใช่ 2. ☐ ใช่	1. ☐ ไม่ใช่ 2. ☐ ใช่
เข่า (ข้างเดียวหรือทั้งสองข้าง) 1. ☐ ไม่ใช่ 2. ☐ ใช่	1. ☐ ไม่ใช่ 2. ☐ ใช่	1. ☐ ไม่ใช่ 2. ☐ ใช่
ข้อเท้าหรือเท้า (ข้างเดียวหรือทั้งสองข้าง) 1. ☐ ไม่ใช่ 2. ☐ ใช่	1. ☐ ไม่ใช่ 2. ☐ ใช่	1. ☐ ไม่ใช่ 2. ☐ ใช่

แบบสอบถามเกี่ยวกับความเจ็บปวดหลังส่วนล่าง

วิธีตอบแบบสอบถาม : กรุณาตอบแบบสอบถามโดยการ X ลงในช่อง ☐ ในแต่ละข้อ ให้ X เพียงอันเดียวในแต่ละข้อในแบบสอบถาม ปัญหาของหลังส่วนล่าง หมายถึงอาการเจ็บปวดหรือไม่สบาย ในบริเวณที่แรเงาไว้ในรูป ซึ่งอาจรวมไปถึงขาข้างเดียวหรือสองข้างก็ได้



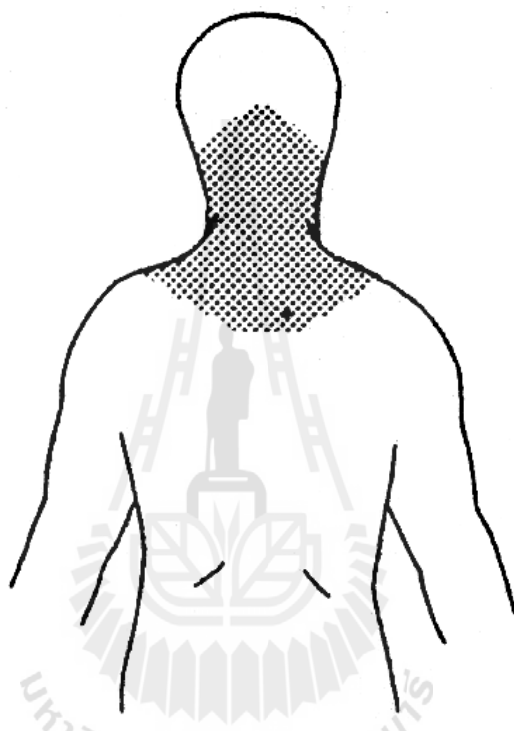
รูปที่ ก.2 แสดงหลังส่วนล่างที่อ้างอิงในแบบสอบถาม

ตารางที่ ก.2 แบบสอบถามเกี่ยวกับความเจ็บปวดหลังส่วนล่าง

ข้อ 1. คุณเคยมีปัญหาบริเวณหลังส่วนล่างหรือไม่ (เจ็บปวดหรือไม่สบาย) 1. ☐ ไม่เคย 2. ☐ เคย	ข้อ 5. ปัญหาหลังส่วนล่าง ทำให้คุณต้องลดกิจกรรมต่าง ๆ ในช่วงเวลา 12 เดือนที่ผ่านมาหรือไม่ ก.) กิจกรรมการทำงาน (ทั้งที่บ้านหรือที่ทำงาน) 1. ☐ ไม่ใช่ 2. ☐ ใช่ ข.) กิจกรรมสันทนาการ 1. ☐ ไม่ใช่ 2. ☐ ใช่
ถ้าตอบข้อ 1 ว่าไม่เคย ไม่ต้องตอบข้อ 1 - 8	
ข้อ 2. คุณเคยพักรักษาตัวอยู่ที่โรงพยาบาลเพราะปัญหา หลังส่วนล่างหรือไม่ 1. ☐ ไม่เคย 2. ☐ เคย	ข้อ 6. ในระยะเวลา 12 เดือนที่ผ่านมา คุณเคยถูกห้ามไม่ให้ทำงานตามปกติ (ทั้งที่บ้านและที่ทำงาน) เพราะมีปัญหาหลังส่วนล่าง เป็นเวลากี่วัน 1. ☐ 0 วัน 2. ☐ 1 - 7 วัน 3. ☐ 8 - 30 วัน 4. ☐ มากกว่า 30 วัน
ข้อ 3. คุณเคยเปลี่ยนงานหรือหน้าที่ เพราะปัญหา หลังส่วนล่างหรือไม่ 1. ☐ ไม่ใช่ 2. ☐ ใช่	
ข้อ 4. ระยะเวลาที่ปัญหาบริเวณหลังส่วนล่าง ที่เกิดขึ้น ในระยะเวลา 12 เดือนที่ผ่านมา 1. ☐ 0 วัน 2. ☐ 1 - 7 วัน 3. ☐ 8 - 30 วัน 4. ☐ มากกว่า 30 วัน (แต่อาจจะไม่ทุกวัน) 5. ☐ ทุกวัน	ข้อ 7. ในระยะเวลา 12 เดือนที่ผ่านมา คุณเคยไปพบ แพทย์หรือนักกายภาพบำบัด เพราะปัญหา เกี่ยวกับหลังส่วนล่างหรือไม่ 1. ☐ ไม่เคย 2. ☐ เคย
ถ้าตอบข้อ 4 0 วัน ไม่ต้องตอบข้อ 5 - 9	ข้อ 8. คุณมีปัญหาบริเวณหลังส่วนล่าง ระยะเวลา 7 วันที่ผ่านมาหรือไม่ 1. ☐ ไม่ใช่ 2. ☐ ใช่

แบบสอบถามเกี่ยวกับความเจ็บปวดบริเวณคอ

วิธีตอบแบบสอบถาม : ปัญหาเกี่ยวกับคอ ในที่นี้หมายถึงการเจ็บปวดหรือไม่สบายในบริเวณที่แรเงาดังรูป กรุณาพิจารณาเฉพาะบริเวณที่แรเงาเท่านั้น และไม่ต้องพิจารณาส่วนอื่น ๆ ที่อยู่บริเวณใกล้เคียง เนื่องจากมีแบบสอบถามอีกชุดไว้สำหรับบริเวณไหล่ กรุณาตอบแบบสอบถามโดยการ X ลงในช่อง ☐ ในแต่ละข้อ ให้ X เพียงอันเดียวในแต่ละข้อ



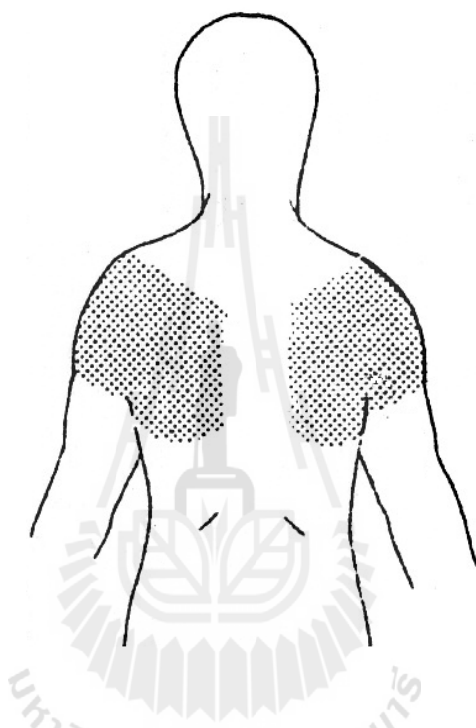
รูปที่ ก.3 แสดงบริเวณคอที่อ้างอิงในแบบสอบถาม

ตารางที่ ก.3 แบบสอบถามเกี่ยวกับความเจ็บปวดบริเวณคอ

ข้อ 1. คุณเคยมีปัญหาบริเวณคอหรือไม่ (เจ็บปวดหรือไม่สบาย) 1. ☐ ไม่เคย 2. ☐ เคย	ข้อ 5. ปัญหาบริเวณคอ ทำให้คุณต้องลดกิจกรรมต่าง ๆ ในช่วงเวลา 12 เดือนที่ผ่านมาหรือไม่ ก.) กิจกรรมการทำงาน (ทั้งที่บ้านหรือที่ทำงาน) 1. ☐ ไม่ใช่ 2. ☐ ใช่ ข.) กิจกรรมสันทนาการ 1. ☐ ไม่ใช่ 2. ☐ ใช่
ถ้าตอบข้อ 1 ไม่เคย ให้ข้ามไปทำข้อ 9	
ข้อ 2. คุณเคยเจ็บปวดบริเวณคอ เนื่องจากเกิดอุบัติเหตุ ☐ บริเวณคอหรือไม่ 1. ☐ ไม่เคย 2. ☐ เคย	ข้อ 6. ในระยะเวลา 12 เดือนที่ผ่านมา คุณเคยถูกห้ามไม่ให้ทำงานตามปกติ (ทั้งที่บ้านและที่ทำงาน) เพราะมีปัญหาบริเวณคอ เป็นเวลากี่วัน 1. ☐ 0 วัน 2. ☐ 1 - 7 วัน 3. ☐ 8 - 30 วัน 4. ☐ มากกว่า 30 วัน
ข้อ 3. คุณเคยเปลี่ยนงานหรือหน้าที่ เนื่องจากปัญหาเจ็บปวดบริเวณคอหรือไม่ 1. ☐ ไม่เคย 2. ☐ เคย	ข้อ 7. ในระยะเวลา 12 เดือนที่ผ่านมา คุณเคยไปพบแพทย์หรือนักกายภาพบำบัด เพราะปัญหาเกี่ยวกับบริเวณคอ หรือไม่ 1. ☐ ไม่เคย 2. ☐ เคย
ข้อ 4. ในระยะเวลา 12 เดือนที่ผ่านมา คุณมีปัญหาบริเวณคอ เป็นระยะเวลาเท่าใด 1. ☐ 0 วัน 2. ☐ 1 - 7 วัน 3. ☐ 8 - 30 วัน 4. ☐ มากกว่า 30 วัน (แต่อาจจะไม่ทุกวัน) 5. ☐ ทุกวัน	ข้อ 8. คุณมีปัญหาบริเวณคอ ระยะเวลา 7 วันที่ผ่านมาหรือไม่ 1. ☐ ไม่ใช่ 2. ☐ ใช่
ถ้าข้อ 4 ตอบ 0 วัน ข้ามไปทำข้อ 9	

แบบสอบถามเกี่ยวกับความเจ็บปวดบริเวณไหล่

วิธีตอบแบบสอบถาม : ปัญหาเกี่ยวกับไหล่ ในที่นี้หมายถึงการเจ็บปวดหรือไม่สบายในบริเวณที่แรเงาดังรูป กรุณาพิจารณาเฉพาะบริเวณที่แรเงาเท่านั้น และไม่ต้องพิจารณาส่วนอื่น ๆ ที่อยู่บริเวณใกล้เคียง กรุณาตอบแบบสอบถามโดยการ X ลงในช่อง ☐ ในแต่ละข้อ ให้ X เพียงอันเดียวในแต่ละข้อ



รูปที่ ก.4 แสดงบริเวณไหล่ตามที่อ้างถึงในแบบสอบถาม

ภาคผนวก ข

แบบประเมินส่วนของร่างกายทั้งหมดอย่างรวดเร็ว

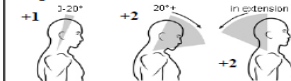
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

REBA Employee Assessment Worksheet

based on Technical note: Rapid Entire Body Assessment (REBA), Hignett, McAtamney, Applied Ergonomics 31 (2000) 201-205

A. Neck, Trunk and Leg Analysis

Step 1: Locate Neck Position



Step 1a: Adjust...
If neck is twisted: +1
If neck is side bending: +1

Neck Score

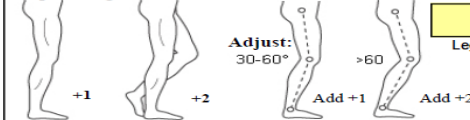
Step 2: Locate Trunk Position



Step 2a: Adjust...
If trunk is twisted: +1
If trunk is side bending: +1

Trunk Score

Step 3: Legs



Leg Score

Step 4: Look-up Posture Score in Table A
Using values from steps 1-3 above, locate score in Table A

Posture Score A

Step 5: Add Force/Load Score

If load < 11 lbs: +0
If load 11 to 22 lbs: +1
If load > 22 lbs: +2
Adjust: If shock or rapid build up of force: add +1

Force/Load Score

Step 6: Score A, Find Row in Table C
Add values from steps 4 & 5 to obtain Score A.
Find Row in Table C.

Scoring:
1 = negligible risk
2 or 3 = low risk, change may be needed
4 to 7 = medium risk, further investigation, change soon
8 to 10 = high risk, investigate and implement change
11+ = very high risk, implement change

Score A

SCORES

Table A		Neck											
		1				2				3			
Trunk Posture Score	Legs	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
	1	1	2	3	4	1	2	3	4	3	3	5	6
	2	2	3	4	5	3	4	5	6	4	5	6	7
	3	2	4	5	6	4	5	6	7	5	6	7	8
	4	3	5	6	7	5	6	7	8	6	7	8	9

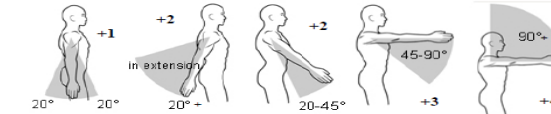
Table B		Lower Arm					
		1			2		
Upper Arm Score	Wrist	1	2	3	1	2	3
	1	1	2	3	2	3	4
	2	1	2	3	2	3	4
	3	3	4	5	4	5	6
	4	4	5	6	5	6	7
	5	6	7	8	7	8	9

Table C		Score B, (table B value + coupling score)											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Score A (score from table A + load/force score)	1	1	1	1	2	3	3	4	5	6	7	7	7
	2	1	2	2	3	4	4	5	6	6	7	7	8
	3	2	3	3	3	4	5	6	7	7	8	8	8
	4	3	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9
	5	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9	9
	6	6	6	6	7	8	8	9	9	10	10	10	10
	7	7	7	7	8	9	9	9	10	10	11	11	11
	8	8	8	8	9	10	10	10	10	10	11	11	11
	9	9	9	9	10	10	10	11	11	11	12	12	12
	10	10	10	10	11	11	11	11	12	12	12	12	12
	11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12
	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

Table C Score + Activity Score = Final REBA Score

B. Arm and Wrist Analysis

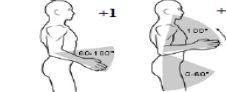
Step 7: Locate Upper Arm Position:



Step 7a: Adjust...
If shoulder is raised: +1
If upper arm is abducted: +1
If arm is supported or person is leaning: -1

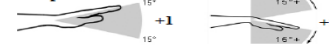
Upper Arm Score

Step 8: Locate Lower Arm Position:



Lower Arm Score

Step 9: Locate Wrist Position:



Wrist Score

Step 9a: Adjust...
If wrist is bent from midline or twisted: Add +1

Step 10: Look-up Posture Score in Table B
Using values from steps 7-9 above, locate score in Table B

Posture Score B

Step 11: Add Coupling Score
Well fitting Handle and mid range power grip, good: +0
Acceptable but not ideal hand hold or coupling acceptable with another body part, fair: +1
Hand hold not acceptable but possible, poor: +2
No handles, awkward, unsafe with any body part, Unacceptable: +3

Coupling Score

Step 12: Score B, Find Column in Table C
Add values from steps 10 & 11 to obtain Score B. Find column in Table C and match with Score A in row from step 6 to obtain Table C Score.

Score B

Step 13: Activity Score

+1 1 or more body parts are held for longer than 1 minute (static)
+1 Repeated small range actions (more than 4x per minute)
+1 Action causes rapid large range changes in postures or unstable base

Task name: _____ Reviewer: _____ Date: ____/____/____

This tool is provided without warranty. The author has provided this tool as a simple means for applying the concepts provided in REBA.

© 2004 NIOSH Consulting, Inc.

provided by Practical Ergonomics
rbarker@ergosmart.com (816) 444-1667



ภาคผนวก ค

ข้อมูลอัตราการเต้นของหัวใจ และการคำนวณค่าการออกแรงในขณะทำงาน
เทียบกับความสามารถในการออกแรงสูงสุด

ตาราง ก.1 แสดงข้อมูลอัตราการเต้นของหัวใจ และค่าการออกแรงขกสูงสุดของการตักคอนกรีต

Task	Subject	แนวราบ			แนวตั้ง		LS
		HR (B/rest)	HR (working)	HR (A/rest)	HR (working)	HR (A/rest)	
ตัก คอนกรีต	1	82	92	84	116	89	14.05
	2	99	103	92	117	101	28.28
	3	75	100	91	139	116	14.05
	4	98	106	87	117	96	28.28
	5	79	96	81	100	89	14.05
	6	90	109	94	108	93	28.28
	7	71	97	84	112	96	14.05
	Avg	84.56	100.43	87.57	115.57	97.14	20.15
	Max	99	109	94	139	116	28.28
	Min	71	92	81	100	89	14.05

กำหนด

HR = อัตราการเต้นของหัวใจ แบ่งเป็น ก่อนทำงาน (B/rest) ขณะทำงาน (working) และ
หลังทำงาน (A/rest)

LS = ความสามารถในการออกแรงขกสูงสุด (มือเดียว)

น้ำหนักของคอนกรีต เท่ากับ 3 กิโลกรัมต่อ 1 ถัง

สามารถคำนวณค่าการออกแรงในขณะทำงานเทียบกับความสามารถในการออกแรงสูงสุด

(%MS)

$$(\%MS) = \frac{3}{20.15} \times 100 = 14.89\%$$

จากผลการคำนวณสรุปได้ว่า การออกแรงในขณะทำงานเมื่อเทียบกับความสามารถในการ
ออกแรงสูงสุด คือ 14.89% อยู่ในช่วง 10-29%

ตาราง ค.2 แสดงข้อมูลอัตราการเต้นของหัวใจ และค่าการออกแรงยกสูงสุดของการส่งคอนกรีต

Task	Subject	แนวราบ			แนวตั้ง		LS
		HR (B/rest)	HR (working)	HR (A/rest)	HR (working)	HR (A/rest)	
ส่ง คอนกรีต	8	72	113	89	127	116	16.8
	9	82	108	93	113	98	16.38
	10	96	113	94	117	96	16.8
	11	73	98	81	103	92	16.38
	12	74	100	89	113	102	16.8
	13	79	102	80	106	91	16.38
	14	91	111	97	115	93	16.8
	Avg	81	106.43	89	113.43	98.29	16.62
	Max	96	113	97	127	116	16.80
	Min	72	98	80	103	91	16.38

กำหนด

HR = อัตราการเต้นของหัวใจ แบ่งเป็น ก่อนทำงาน (B/rest) ขณะทำงาน (working) และ
หลังทำงาน (A/rest)

LS = ความสามารถในการออกแรงยกสูงสุด (มือเดียว)

น้ำหนักของคอนกรีต เท่ากับ 3 กิโลกรัมต่อ 1 ถัง

สามารถคำนวณค่าการออกแรงในขณะทำงานเทียบกับความสามารถในการออกแรงสูงสุด

(%MS)

$$(\%MS) = \frac{3}{16.62} \times 100 = 18.05\%$$

จากผลการคำนวณสรุปได้ว่า การออกแรงในขณะทำงานเมื่อเทียบกับความสามารถในการ
ออกแรงสูงสุด คือ 18.05% อยู่ในช่วง 10-29%

ตาราง ก.3 แสดงข้อมูลอัตราการเต้นของหัวใจ และค่าการออกแรงยกสูงสุดของการเทคอนกรีต

Task	Subject	แนวราบ			แนวตั้ง		LS
		HR (B/rest)	HR (working)	HR (A/rest)	HR (working)	HR (A/rest)	
เท คอนกรีต	15	74	98	81	107	94	23.75
	16	83	102	87	114	103	25.13
	17	73	103	81	116	102	23.75
	18	82	113	89	116	96	25.13
	19	87	115	91	117	101	23.75
	20	72	104	86	113	89	25.13
	21	81	102	92	114	97	23.75
	Avg	78.86	105.29	86.71	113.86	97.43	24.34
	Max	87	115	92	117	103	25.13
	Min	72	98	81	107	89	23.75

กำหนด

HR = อัตราการเต้นของหัวใจ แบ่งเป็น ก่อนทำงาน (B/rest) ขณะทำงาน (working) และ
หลังทำงาน (A/rest)

LS = ความสามารถในการออกแรงยกสูงสุด (มือเดียว)

น้ำหนักของคอนกรีต เท่ากับ 3 กิโลกรัมต่อ 1 ถัง

สามารถคำนวณค่าการออกแรงในขณะทำงานเทียบกับความสามารถในการออกแรงสูงสุด
(%MS)

$$(\%MS) = \frac{3}{24.34} \times 100 = 12.33\%$$

จากผลการคำนวณสรุปได้ว่า การออกแรงในขณะทำงานเมื่อเทียบกับความสามารถในการ
ออกแรงสูงสุด คือ 12.33% อยู่ในช่วง 10-29%



ภาคผนวก ง

ตัวอย่างการคำนวณเวลามาตรฐาน

จากข้อมูลดังรูปที่ ง 1 สามารถนำมาคำนวณค่าเวลามาตรฐานได้ดังนี้
กำหนดค่าเผื่อเวลา (%Allowance) ดังนี้

- 1) Constant allowances
 - a) Personal allowance 5
 - b) Basic fatigue allowance 4
- 2) Variable allowances
 - a) Standing allowance 2
 - b) Abnormal position allowance
Awkward (bending) 2

รวมค่าเผื่อเวลาทั้งหมด คือ 13%

สามารถคำนวณเวลามาตรฐานได้ดังนี้

$$\text{เวลามาตรฐาน} = (\text{TMU} \times 0.036) \times (1 + \% \text{allowance})$$

โดยที่

$$1 \text{ TMU} = 1/100000 \text{ ชั่วโมง} = 0.00001 \text{ ชั่วโมง} = 0.0006 \text{ นาที} = 0.036 \text{ วินาที}$$

ดังนั้น

$$(99.3 \times 0.036) \times 1.13 = 4.04$$

เวลามาตรฐานสำหรับการตักคอนกรีต คือ 4.04 วินาที

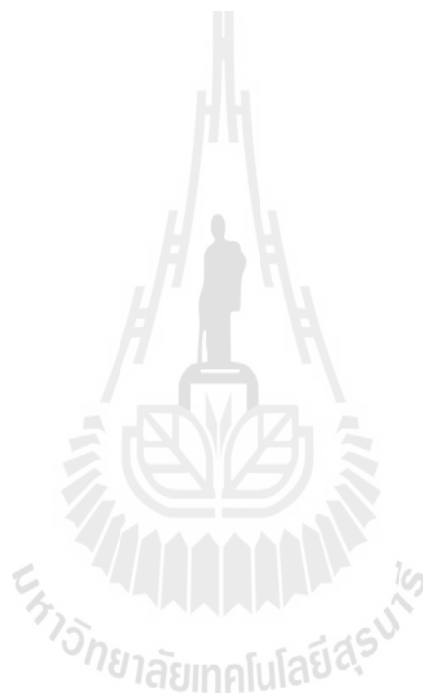
ภาคผนวก จ

รายชื่อบทความวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รายชื่อบทความวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่

Jongkol, P., and Chatmuangpak, A. (2012). **Evaluation of Concrete Work Strain in Buildings Construction**. Second Southeast Asian Network of Ergonomics Societies conference. July 9-12, Meritus Pelangi Beach Resort & Spa, Langkawi, Malaysia





**เอกสารรับรองโครงการวิจัยในมนุษย์
คณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์
ขอรับรองว่า**

โครงการ การวิเคราะห์ความอ่อนล้าจากการทำงานคอนกรีตของผู้ใช้แรงงานก่อสร้างอาคาร

โครงการเลขที่ของผลิตภัณฑ์ทางการแพทย์ --

ชื่อหัวหน้าโครงการ นายอลงกรณ์ ฉัตรเมืองปัก

สังกัด สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

โครงการได้มาตรฐานทางวิชาการ ไม่ขัดต่อหลักจริยธรรมสากล และเป็นไปตามคำประกาศเฮลซิงกิ

จึงเห็นสมควรให้ดำเนินการวิจัยในขอบข่ายของโครงการที่เสนอได้ ณ วันที่ 20 มี.ค. 2555

ลงชื่อ..... *แพทย์หญิงพยอล บุณณสิน*

(แพทย์หญิงพยอล บุณณสิน)

ประธานคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ใบรับรองมีระยะเวลา 1 ปีหลังจากวันที่อนุมัติ

คณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สำนักงาน : สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

โทรศัพท์ 0-4422-4757

โทรสาร 0-4422-4750

คำเตือน การขอขยายเวลาการรับรองโครงการวิจัยต้องดำเนินการล่วงหน้าไม่น้อยกว่า 30 วัน ก่อนวันหมดอายุตามที่กำหนดไว้ในใบรับรอง

Evaluation of Concrete Work Strain in Buildings Construction

Pornsiri Jongkol, Alongkorn Chatmuangpak
 School of Industrial Engineering, Institute of Engineering
 Suranaree University of Technology
 Nakhon Ratchasima, Thailand
 pornsiri@sut.ac.th, alongkorn_chatmuangpak@hotmail.com

Abstract— The activities associated with construction industry are strenuous and cause health hazardous problem. A field study was conducted to investigate job strain among concrete workers in buildings construction. Twenty one concrete workers participated in this study. Three types of concrete task were: getting, handling, and pouring concrete mixture. Concrete mixture handling and pouring were performed in horizontal and vertical directions. Job Strain Index was used to estimate injury risks, whereas OVAKO Working Posture Analysis System (OWAS) was used to evaluate postural load during work. Moreover, Standardized Nordic questionnaire was used to evaluate musculoskeletal symptoms of the subjects. To compare the physical workload of concrete handling in different directions, heart rate was measured and analyzed. The results showed that the job strain index were 3 and below indicating that the concrete tasks were safe. The OWAS results rated postures of handling and pouring tasks for horizontal handling and getting task for vertical handling in action category 4, which indicated extremely deleterious effect and change required immediately. The results of Standardized Nordic questionnaire revealed that the most commonly affected parts among the workers were lower back, thigh, shoulders and wrists/hands. The greatest increased heart rate was found in the pouring task. The vertical handling showed greater increased heart rate than the horizontal heart rate. It can be concluded that concrete work can place injury risks to concrete workers.

Keywords—concrete work; buildings construction; work strain; OWAS; Job Strain Index.

I. INTRODUCTION

Construction is the most dangerous land-based work sector in Thailand. Thai Social Security Office reported that work-related injuries in the construction sector accounted for 8.71% of all the occupational injuries from 2006 to 2010. Important contributing factors to make construction industry as one of the most hazardous industries included constant use of machinery and power tools, working on elevated work surfaces, and manual handling of heavy construction materials [1].

Among construction tasks, the concrete application ranked highest in the potential for Cumulative trauma disorders (CTDs) [2]. It requires manual force to move ready mixed concrete repetitively. Moreover, the workers assume both back flexion and twisting postures during performing task. Although various health hazard conditions of construction workers have

been continually reported, a minimum attention is paid so far by management group toward improving occupational health and safety in this industry [3]. Furthermore, research on injury risk in the construction industry is rare in Thailand. Therefore, it is necessary to study work strain induced in construction workers. However, measuring work risk factors in industry can be complicated and time consuming; especially when the workers perform several tasks each day. Risk identification tools can be used to prevent work-related injuries.

The objectives of this study were to assess job strain among concrete workers in buildings construction and to investigate the effect of concrete task and concrete handling direction on heart rate increase.

A. Job Strain Index (JSI)

JSI is a method for estimating the injury risks to the wrists and hands based upon assessments of force, repetition, posture and duration [4]. A JSI assessment gives a quick and systematic assessment of the hand/wrist postural risks to a worker.

The job stress index considers several work factors including intensity of force exertion, duration of exertion, efforts per minute, position of hand or wrist, speed of work, and duration of task per day. Each work factor can be quantitatively determined as follows.

- Intensity of force exertion (IE) during is estimated as a percentage of maximum strength.
- Duration of exertion (DE) is computed by measuring the duration of all exertions during an observation period, then dividing the measured duration of exertion by the total observation time and multiplying by 100.
- Efforts per minute (EM) are measured by counting the number of exertions during the observation period, then dividing the number of exertions by the duration of the observation period.
- The position of the hand or wrist relative to neutral position (HWP) is estimated.
- Speed of work (SW) is subjectively rated.

2012 Southeast Asian Network of Ergonomics Societies Conference (SEANES)

- Duration of task per day (DD) is the total amount of time the job consumes.

Then, the ratings of work factors and the multipliers corresponding to the ratings are determined. The JSI is the product of multipliers for all work factors.

$$\text{Strain Index} = \text{IE} \times \text{DE} \times \text{EM} \times \text{HWP} \times \text{SW} \times \text{DD}$$

The purpose of the index is to discriminate between jobs associated with upper distal extremity MSD's (primarily muscle-tendon and carpal tunnel syndrome) and those not associated with these MSD's. A Strain Index of 5 distinguishes between safe and hazardous jobs. SI=3 is almost surely safe, and SI=7 is almost surely hazardous.

B. OVAKO Working Posture Analysis System (OWAS)

OWAS is a method used to evaluate postural load during work [5]. The OWAS method is based on a simple and systematic classification of work postures combined with observations of work tasks. The OWAS method collects simple observational information on worker postures (4 back, 3 arm, 7 leg) and loads (3 loads) according to a breakdown of work tasks. Schematic view of OWAS analyzing system is shown below.

Back

1. Straight.
2. Forward back ward bending.
3. Side rotation or bending.
4. Both rotation and bending

Legs

1. Sitting posture.
2. Straight standing
3. Standing and bodyweight pressure on one leg.
4. Standing and bending knees.
5. Standing and one bending leg.
6. Sitting on both legs.
7. Movement and walking.

Arms

1. Two arms lower than shoulder.
2. One arm upper than shoulder.
3. Two arms upper/ or on the level of shoulder.

Loads

1. Weight < 10 kg
2. 10 < weight < 20 kg
3. Weight > 20 kg

The data is then standardized and the individual activities are rated into four action categories in order of their strain (no harmful effect, some harmful effect, distinctly deleterious effect and extremely deleterious effect). The four action codes are defined as follows:

- Action category 1: change not required,
 Action category 2: change required in the near future,
 Action category 3: change required as soon as possible,
 Action category 4: change required immediately.

C. Standardized Nordic Questionnaire

Standardized Nordic Musculoskeletal Questionnaire comprises general information such as age, weight, height, smoking habit, working experience and shift type and also questions regarding discomfort and pain on the whole body and specific body areas including neck, shoulders and lower back [6]. A picture of human body is also used to make it easier for workers to identify their problems in each body area.

D. Use of OWAS and Standardized Nordic Questionnaire

JSI, OWAS and Standardized Nordic Questionnaire have been widely used, for example, to evaluate musculoskeletal disorder risk factors among crews at ports and shipping vessels. The Standardized Nordic Questionnaire and OWAS were used [7]. In their study, evaluation of musculoskeletal disorders was carried out using Standardized Nordic Questionnaire, and then the risk factors were determined using OWAS. The results showed that 32.9% of workers reported low back pain, 26.4% of workers experienced knee pain, and 18.8% of workers related in shoulder pain. The OWAS results rated working postures of chief engineer, chief officers, motorists and boatswains in action category 3 indicating that preventive measures should have been taken as soon as possible.

II. MATERIALS AND METHOD

A. Subjects

The subjects were twenty-one concrete workers; seventeen males and four females. Age ranged from 20-60 years old and their work experiences were 3-40 years. At the beginning of the study, the method was explained and the subjects were asked to sign an informed consent approved by Suranaree University of Technology for the protection of human subjects. Each subject was paid 200 Bahts for participating.

B. Concrete Tasks

The subjects were divided into three groups with different concrete tasks: getting, handling, and pouring. For concrete mixture getting task, the subjects used empty buckets to get concrete mixed in a container as shown in Fig. 1a. Weight of the filled bucket was approximately 1.5 kg. For handling task, the subjects grasped and moved the full buckets to their coworkers horizontally (Fig. 1b) and vertically (Fig. 1c). For pouring task, the subjects took the full bucket from their coworkers and poured concrete mixture to the cube molds as depicted in Figure 1d.

C. Equipment and Measurements

Two stopwatches were record ten work cycles and to record work elements. Heart rate was monitored using a Polar heart rate monitor. The lift strengths were measured by the Jackson strength measurement system (Model 32628DL*C).



Figure 1a. Getting task



Figure 1b. Horizontal handling.



Figure 1c. Vertical handling



Figure 1d. Pouring task.

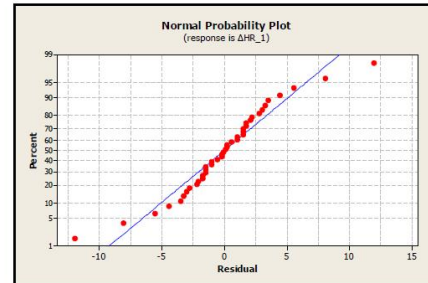


Figure 2. Normal probability plot.

III. RESULTS

A. Symptoms of Musculoskeletal Disorders

Table I shows the prevalence of the musculoskeletal disorders symptoms in different body parts of the workers during the last 12 months. All subjects experienced lower back pain and 92.86% of the subjects had pain on their thighs. It was noticed that 71.43% of the subjects had shoulder and wrist/hand pain, whereas 57.14% of the subjects had upper back pain. The risk of back injury in construction activity was also found in several studies [8, 9]. Reliability test showed the alpha value of 0.7311 indicating that the extent of questionnaire was reliable.

B. Heart Rate

Table II presents the resting heart rate and the increased heart rate of the subjects when handling concrete mixture horizontally and vertically. The lowest resting heart rate was 71 bpm, whereas the highest was 99 bpm. The maximum increased heart rates were 41 and 55 bpm for horizontal and vertical handling, respectively. The greatest increased heart rate was found in the pouring task, whereas the smallest increased heart rate was found in the getting task.

TABLE I. FREQUENCY OF REPORTED SYMPTOMS IN DIFFERENCE BODY PART DURING THE 12 MONTHS PRIOR TO THE STUDY.

Body Region	Frequency	
	Number of subjects	Percent
Neck	11	52.40
Shoulders	15	71.43
Elbows	11	52.40
Wrists/Hands	15	71.43
Upper Back	12	57.14
Lower Back	21	100.00
Thighs	19	92.86
Knees	11	52.40
Legs/Feet	14	66.67

Air temperature, relative humidity and air velocity were also recorded.

Job Strain Index was used to estimate injury risks and identify jobs associated with upper distal extremity MSDs. OWAS was used to evaluate postural load during work. The results obtained from OWAS were action category associated with working postural change. Standardized Nordic Questionnaire was used to analyze musculoskeletal symptoms of the subjects.

D. Data Analysis

1) Symptoms of Musculoskeletal Disorders

Data collected using the Standardized Nordic Questionnaire were analyzed to evaluate the symptoms of musculoskeletal disorders placed on various body parts including neck, shoulders, elbows, wrists/hands, upper back, lower back, thighs, knees, and legs/feet. Number and percent of workers who experienced pain placed on body parts were reported.

2) Heart Rate

Heart rate data were evaluated by calculating the increased heart rate over the course of the data collection period. The increased heart rate was computed by subtracting the heart rate measured while resting before work (Resting HR) from the heart rate measured during work. Analysis of variance was performed to test the effect of concrete task and direction of concrete mixture handling on the increased heart rate, with subject as a block. Normality test was also performed to assure that normality assumption was valid.



Figure 3. Wrist posture found in vertical handling.

TABLE II. RESTING AND INCREASED HEART RATES (BPM) DURING HANDLING CONCRETE MIXTURE.

Concrete Task	Subject	Resting HR	Increased HR	
			Horizontal handling	Vertical handling
Getting	1	82	10	34
	2	99	4	18
	3	75	25	64
	4	98	8	19
	5	79	17	21
	6	90	19	18
	7	71	26	41
Handling	1	72	41	55
	2	82	26	31
	3	96	17	21
	4	73	25	30
	5	74	26	39
	6	79	23	27
	7	91	20	24
Pouring	1	74	24	33
	2	83	19	31
	3	73	30	43
	4	82	31	34
	5	87	28	30
	6	72	32	41
	7	81	21	33

For horizontal handling, the average increased heart rates for getting, handling, and pouring task were 15, 25, and 26 bpm, respectively. For vertical handling, the average increased heart rates for getting, handling, and pouring task were 30, 32, and 35 bpm, respectively. The vertical handling showed greater increased heart rate than the horizontal heart rate. The average working heart rates for horizontal and vertical handling were 104 ± 6 and 114 ± 8 bpm, respectively. The study of workload assessment in building construction also reported that the working heart rate of concrete workers ranged 103-145 bpm [10].

Prior to performing Analysis of Variance, the assumption of normality was tested and found adequate (Fig 2). Analysis of variance in Table III revealed that task, direction of handling, and block had highly significant effect on increased heart rate. The interaction of task and handling direction was non-significant.

C. Job Strain Index

Table IV and V show the job strain index of each concrete task with two directions of concrete mixture handling. For horizontal handling, the strain index of getting, handling, and pouring tasks were 1.50, 0.56, and 0.56, respectively. For vertical handling, the strain index of getting, handling, and pouring tasks were 3.00, 1.13, and 2.25, respectively. Obviously, the strain index for vertical handling was greater than that for horizontal handling. This is because the vertical handling requires wrist and hand in a bad posture as shown in Fig 3.

TABLE III. ANALYSIS OF VARIANCE ON INCREASED HEART RATE.

Source	Df	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Task	2	438.62	438.62	219.31	6.13	0.01
Direction	1	1	1100.60	1100.60	30.75	0.00
Block(Task)	18	18	3018.00	3018.00	4.68	0.00
Task*Direction	2	2	130.62	130.62	1.82	0.19
Error	18	18	644.29	644.29		
Total	41	41	5332.12			



Figure 4a. Getting task.



Figure 4b. Handling task.



Figure 4c. Pouring task.



Figure 4d. Getting task.



Figure 4e. Handling task.



Figure 4f. Pouring task.

Back Arms	1		2		3		4		5		6		7		Legs	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2		
1	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	Load Handled
	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	1	1	1	
	2	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	1	1	1	
2	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
	1	2	3	2	3	2	3	3	3	3	3	2	2	2	3	
	2	3	3	4	2	3	3	3	4	4	4	3	3	4	2	
3	1	1	1	1	1	1	2	3	3	3	4	1	1	1	1	
	2	2	2	3	3	1	1	2	4	4	4	3	3	1	1	
	3	2	2	3	3	1	1	2	4	4	4	3	3	1	1	
4	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
	1	2	3	2	3	2	2	3	3	3	4	4	4	2	3	
	2	3	3	4	2	3	3	3	4	4	4	4	4	2	3	

- Getting task
- Handling and pouring tasks

Figure 5. Result of OWAS action category for each task in horizontal direction.

D. OWAS

For each combination of task and handling direction, one posture was selected. Postures selected from tasks for horizontal handling are shown in Fig 4.a-c, whereas those selected from task for vertical handling are shown in Fig 4.d-f. Fig 5 and 6 show the result of OWAS action category for each task in horizontal and vertical direction, respectively. It was noticed that pouring task in vertical direction required moving mixed concrete with arm above shoulders. Research has also shown that in construction trades working with hands above shoulder level leads to reports of shoulder discomfort [11].

TABLE IV. JOB STRAIN INDEX OF CONCRETE TASK WHEN HANDLING CONCRETE MIXTURE HORIZONTALLY.

Task	Horizontal Handling						
		<i>IE</i>	<i>DE</i>	<i>EM</i>	<i>HWP</i>	<i>SW</i>	<i>DD</i>
Getting	Exposure Data	Light	76.95%	14	Bad	Slow	<1
	Ratings	1	4	3	4	2	1
	Multipliers	1	2	1.5	2	1	0.25
	SI Scores	1.50					
Handling	Exposure Data	Light	39.82%	14	Fair	Fair	<1
	Ratings	1	3	3	3	3	1
	Multipliers	1	1.5	1.5	1	1	0.25
	SI Scores	0.56					
Pouring	Exposure Data	Light	42.48%	14	Good	Very Slow	<1
	Ratings	1	3	3	2	1	1
	Multipliers	1	1.5	1.5	1	1	0.25
	SI Scores	0.56					

TABLE V. JOB STRAIN INDEX OF CONCRETE TASK WHEN HANDLING CONCRETE MIXTURE VERTICALLY.

Task		Vertical Handling					
		<i>IE</i>	<i>DE</i>	<i>EM</i>	<i>HWP</i>	<i>SW</i>	<i>DD</i>
Getting	Exposure Data	Light	59.44%	9	Bad	Very Slow	1-2
	Ratings	1	4	3	4	1	2
	Multipliers	1	2	1.50	2	1	0.50
	SI Scores	3.00					
Handling	Exposure Data	Light	36.36%	9	Fair	Very Slow	1-2
	Ratings	1	3	3	3	1	2
	Multipliers	1	1.50	1.50	1	1	0.50
	SI Scores	1.13					
Pouring	Exposure Data	Light	41.26%	9	Bad	Slow	1-2
	Ratings	1	3	3	4	2	2
	Multipliers	1	1.50	1.50	2	1	0.50
	SI Scores	2.25					

ประวัติผู้เขียน

นายอลงกรณ์ ฉัตรเมืองปัก เกิดเมื่อวันที่ 28 พฤศจิกายน พ.ศ. 2528 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนราชสีมาวิทยาลัย อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา ใน พ.ศ. 2547 และสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีทางวิศวกรรมศาสตร์ (วิศวกรรมอุตสาหการ) จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ใน พ.ศ. 2552

ปี 2553 เข้าศึกษาต่อระดับปริญญาโททางวิศวกรรมศาสตร์ (วิศวกรรมอุตสาหการ) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา ในระหว่างการศึกษาได้ปฏิบัติงานเป็นผู้สอนปฏิบัติการรายวิชาปฏิบัติการกรรมวิธีการผลิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผลงานวิจัย : ได้เสนอบทความเข้าร่วมในการประชุมวิชาการ Southeast Asian Network of Ergonomics Societies (SEANES) ณ เกาะลังกาวิ ประเทศมาเลเซีย ในปี 2555 เรื่อง Evaluation of Concrete Work Strain in Buildings Construction

