การศึกษาประสิทธิผลของวัสดุห่อหุ้มด้ามจับเพื่อลดความเสี่ยงที่มือและแขนในพนักงานควบคุมเครื่องตบดินแบบกระโดด ในอุตสาหกรรมก่อสร้างประเภทงานดินและปรับพื้นที่

THE EFFECTIVENESS OF INSULATED HANDLE FOR REDUCING HAND ARM RISK AMONG TAMPING RAMMER OPERATORS FOR SOIL LEVELING WORK IN CONSTRUCTION INDUSTRY

ประภัสสร ธรรมพิทักษ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย
คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
มกราคม 2561
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ และคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของ ประภัสสร ธรรมพิทักษ์ ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย
คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

..... อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก
(อาจารย์ ดร.พรทิพย์ เย็นใจ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปวีณา มีประดิษฐ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.เฉลิมชัย ชัยกิตติภรณ์)

..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร.พรทิพย์ เย็นใจ)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปวีณา มีประดิษฐ์)

..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร.ธีรยุทธ เสงี่ยมศักดิ์)

คณะสาธารณสุขศาสตร์อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย
คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

.....คณบดีคณะสาธารณสุขศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.ยุวดี รอดจากภัย)
วันที่ 19 เดือน เมษายน พ.ศ. 2561

ประกาศคุณูปการ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจากอาจารย์ ดร.พรทิพย์ เย็นใจ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปวีณา มีประดิษฐ์ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ซึ่งได้ให้คำปรึกษา ถ่ายทอดความรู้ ให้ข้อเสนอแนะ ติดตามปรับปรุงและแก้ไขวิทยานิพนธ์โดยตลอด ผู้วิจัยขอขอบพระคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.เฉลิมชัย ชัยกิตติภรณ์ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ให้คำแนะนำ และช่วยเหลือแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณผู้ที่ให้ความอนุเคราะห์และสนับสนุนจากท่านผู้จัดการโครงการก่อสร้างบริษัทไทยเพนตา โอเชียน จำกัด ได้แก่ คุณจเร สุวรรณรัตน์ คุณสุรศักดิ์ พวงพิกุล คุณวรพงษ์ แสนแปง และคุณศักดิ์ณรงค์ เหมือนพรรณราย และทีมงานช่วยเหลือในการดำเนินการวิจัยได้แก่ คุณวีรพงศ์ มิตรสันเทียะ คุณกนกวรรณ วรปัญญา และคุณนันทฉัตร ระสุง ในการเก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัย ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อสมบูรณ์ คุณแม่สมโภชน์ ธรรมพิทักษ์ ครอบครัว ญาติพี่น้อง เพื่อน ๆ พี่ ๆ ทุกท่านที่ให้ความสนับสนุน ให้กำลังใจแก่ข้าพเจ้าเสมอมา

ขอบพระคุณบริษัทไทยเพนตา โอเชี่ยน จำกัด ที่ทำให้มีแรงบันดาลใจให้ดำเนินการวิจัยในเรื่องนี้

สุดท้ายนี้ ขอขอบคุณครอบครัว เพื่อน ๆ หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย รุ่น 7 มหาลัยวิทยาลัยบูรพา และผู้ที่เกี่ยวข้องทุกท่าน ที่ให้การสนับสนุน และให้กำลังใจในการศึกษาครั้งนี้จนสำเร็จ

คุณค่าและประโยชน์ที่เกิดจากวิทยานิพนธ์นี้ ผู้ศึกษาขอมอบเป็นกตัญญู กตเวทิตา แด่บุพการี คณาจารย์ และผู้ที่มีพระคุณทุกท่านทั้งในอดีตและปัจจุบัน ที่ทำให้ข้าพเจ้าเป็นผู้มีการศึกษาและประสบความสำเร็จจนทุกวันนี้

ประภัสสร ธรรมพิทักษ์

58920194: สาขาวิชา: อาชีวอนามัยและความปลอดภัย; วท.ม. (อาชีวอนามัยและความปลอดภัย)
คำสำคัญ: ความสั่นสะเทือน/ เครื่องตบดิน/ วัสดุห่อหุ้มด้ามจับ/ ประสิทธิผล

ประภัสสร ธรรมพิทักษ์: การศึกษาประสิทธิผลของวัสดุห่อหุ้มด้ามจับเพื่อลดความเสี่ยงที่มือและแขนในพนักงานควบคุมเครื่องตบดินแบบกระโดด ในอุตสาหกรรมก่อสร้างประเภทงานดินและปรับพื้นที่ (THE EFFECTIVENESS OF INSULATED HANDLE FOR REDUCING HAND ARM RISK AMONG TAMPING RAMMER OPERATORS FOR SOIL LEVELING WORK IN CONSTRUCTION INDUSTRY). คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์: พรทิพย์ เย็นใจ, Ph.D.; ปวีณา มีประดิษฐ์, D.Med., 87 หน้า. ปี พ.ศ. 2561.

การศึกษาวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi-experimental search) แบบกลุ่มทดลองกลุ่มเดียว วัดผลก่อนและหลังการทดลอง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบค่าความเร่งความสั่นสะเทือนที่มือและแขน แรงบีบมือ อาการผิดปกติที่มือและแขน ก่อนและหลังการใช้วัสดุห่อหุ้มด้ามจับ และศึกษาความพึงพอใจต่อวัสดุห่อหุ่มด้ามจับ เครื่องมือที่ใช้ ได้แก่ เครื่องมือวัดความสั่นสะเทือน เครื่องทดสอบแรงบีบมือ และแบบสอบถามอาการผิดปกติที่มือและแขน และความพึงพอใจ ทำการออกแบบวัสดุห่อหุ้มด้ามจับเพื่อลดค่าความเร่งความสั่นสะเทือน โดยใช้วัสดุ 2 ชนิด คือ แผ่นยางกันสะเทือนและโฟมยาง NBR แล้วนำไปห่อหุ้มที่ด้ามจับของเครื่องตบดินแบบกระโดด ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลกับพนักงานควบคุมเครื่องตบดินแบบกระโดด ในอุตสาหกรรมก่อสร้างประเภทงานดินและปรับพื้นที่ โครงการก่อสร้างแห่งหนึ่ง จำนวน 3 โครงการ ในจังหวัดระยอง จำนวน 10 ตัวอย่าง วิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป ใช้สถิติ Wilcoxon Signed-Ranks Test

ผลการศึกษา พบว่า เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความเร่งความสั่นสะเทือนก่อนทดลอง เท่ากับ 7.153 m/ s^2 และค่าเฉลี่ยความเร่งความสั่นสะเทือนหลังการห่อหุ้มวัสดุ ฯ เท่ากับ 6.509 m/ s^2 ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($p = 0.005$) เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแรงบีบมือก่อนและหลังของการใช้วัสดุห่อหุ้มด้ามจับ พบว่า ค่าเฉลี่ยแรงบีบมือหลังการใช้วัสดุห่อหุ้มด้ามจับมีค่ามากกว่าก่อนการใช้วัสดุห่อหุ้มด้ามจับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($p < 0.002$) และผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของอาการผิดปกติที่มือและแขน พบว่า ความรู้สึกปวด ความรู้สึกชา และความรู้สึกกล้ามเนื้ออ่อนแรง ที่บริเวณอวัยวะที่รับสัมผัสได้แก่ มือและข้อมือไหล่ และข้อศอก ก่อนและหลังการใช้วัสดุห่อหุ้มด้ามจับมีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($p < 0.006$) และพนักงานมีความพึงพอใจโดยรวมต่อวัสดุห่อหุ้มด้ามจับเฉลี่ยเท่ากับ 4.00

ดังนั้นการใช้วัสดุห่อหุ้มด้ามจับเพื่อลดความสั่นสะเทือนที่มือและแขนมีผลทำให้ค่าความเร่งความสั่นสะเทือนลดลง ยังส่งผลต่อแรงบีบมือสูงขึ้นและมีผลต่ออาการผิดปกติจากการรับสัมผัสความสั่นสะเทือนลดลง อีกทั้งพนักงานมีความพึงพอใจต่อวัสดุห่อหุ้มด้ามจับเพื่อลดความสั่นสะเทือนที่มือและแขนอยู่ในระดับมาก

58920194: MAJOR: OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY; M.Sc. (OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY)
KEYWORDS: VIBRATION/ TAMPING RAMMER/ INSULATED HANDLE/ EFFECTIVENESS

PRAPATSORN THAMPITAK: THE EFFECTIVENESS OF INSULATED HANDLE FOR REDUCING HAND ARM RISK AMONG TAMPING RAMMER OPERATORS FOR SOIL LEVELING WORK IN CONSTRUCTION INDUSTRY. ADVISORY COMMITTEE: PORNTHIP YENJAI, Ph.D., PARVENA MEEPRADIT, D.Med., 87 P. 2018.

This reseach was a quasi-experimental study designed for one sampling group.The experimental reseach was repeated before-after measured. The aims to compared hand and arm vibration acceleration, hand grip strength, hand and arm symptoms on before-after use insulated handle and satisfaction study. Research instrument were hand and arm vibration meter (accelerometer), hand grip dynamometer, Nordic musculoskelelal questionnaire and satisfaction questionnaire. Design had insulated handle for reduced vibration acceletion include anti-vibration rubber and nitrile rubber. Those meterials broungth to wrap on handle of tamping rammer machines. The data collection among tamping rammer operators for soil levering work in ten samples of three construction industry in rayong. The data analysis with Wilcoxon Signed-Ranks Test by SPSS program.

The results showed that compared vibration acceleration before experimental was 7.153 m/ s^2 and after was 6.509 m/ s^2. The vibration acceleration was statistically significantly different 0.05 (p-value < 0.005). The compared grip strength was statistically significantly different 0.05 (p-value < 0.002). The compared hand and arm symptoms was statistically significantly different 0.05 (p-value < 0.006) and had high satisfaction when used the insulated handle to reduce ,the average scale was 4.00.

Such as the use insulation handle to reduce hand and arm vibration the effectiveness of acceleration vibration reduction but exposure that the direct receiving the vibration from tamping rammer. In parts of muscle strength test the results revealed that higher grip strength and satisfaction with insulation handle to reduce hand and arm vibration at a high level.

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ฌ

สารบัญภาพ ..... ฎ

บทที่

1 บทนำ 1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

วัตถุประสงค์ของการวิจัย 4

สมมติฐานของการวิจัย 4

กรอบแนวคิดในการวิจัย 5

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย 5

ขอบเขตของการวิจัย 5

นิยามศัพท์เฉพาะ 6

2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 8

งานดินและงานปรับพื้นที่สำหรับอุตสาหกรรมก่อสร้างอาคาร 8

เครื่องตบดินแบบกระโดด 11

ความสั่นสะเทือน 13

ปัจจัยที่ก่อให้เกิดอันตรายจากความสั่นสะเทือน 16

ผลกระทบของความสั่นสะเทือนต่อร่างกาย 18

การประเมินความสั่นสะเทือน 20

การประเมินอาการผิดปกติ 25

การประเมินแรงบีบมือมือ 26

การควบคุมความสั่นสะเทือน 29

การประเมินความพึงพอใจต่อวัสดุห่อหุ้มด้ามจับของเครื่องตบดินแบบกระโดด 32

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
3 วิธีดำเนินการวิจัย	34
รูปแบบการวิจัย	34
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	34
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	35
การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ	40
การเก็บรวบรวมข้อมูล	41
การวิเคราะห์ข้อมูล	49
การพิทักษ์สิทธิ์ตัวอย่างและจริยธรรมในการวิจัย	50
4 ผลการวิจัย	51
ส่วนที่ 1 ข้อมูลส่วนบุคคลของกลุ่มตัวอย่าง	51
ส่วนที่ 2 เปรียบเทียบค่าความสั่นสะเทือน ก่อนและหลังการใช้วัสดุห่อหุ้มด้ามจับ	53
ส่วนที่ 3 การเปรียบเทียบแรงบีบมือ ก่อนและหลังการติดตั้งวัสดุห่อหุ้มด้ามจับ	60
ส่วนที่ 4 การเปรียบเทียบอาการผิดปกติที่มือและแขนก่อนและหลังการติดตั้งวัสดุห่อหุ้มด้ามจับ	62
ส่วนที่ 5 ความพึงพอใจต่อวัสดุห่อหุ้มด้ามจับ	65
5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	67
สรุปผลการวิจัย	67
อภิปรายผลการวิจัย	69
ข้อเสนอแนะ	72
บรรณานุกรม	73
ภาคผนวก	79
ภาคผนวก ก	80
ภาคผนวก ข	82
ประวัติย่อของผู้วิจัย	87

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2-1	ชนิดของการบดอัดและเครื่องมือที่ใช้ในการบดอัด	10
2-2	ระยะเวลาการสัมผัสความสั่นสะเทือนไม่ควรเกินค่ามาตรฐานกำหนดของเครื่องมือชนิดต่าง ๆ ในงานก่อสร้าง	16
2-3	แหล่งกำเนิดของความสั่นสะเทือนที่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพ	17
2-4	ค่าแฟกเตอร์การปรับค่าความถี่ (ความถี่ถ่วงน้ำหนัก)	24
2-5	ค่ามาตรฐานแรงบีบมือต่อน้ำหนักตัว (กก./ นน.ตัว) ของคนไทย และการแปลผล	28
2-6	ชนิดวัสดุช่วยลดความสั่นสะเทือน	31
3-1	ค่ามาตรฐานแรงบีบมือต่อน้ำหนักตัว (กก./ นน.ตัว) ของคนไทย และการแปลผล	38
3-2	ชนิดวัสดุในการออกแบบวัสดุห่อหุ้มด้ามจับ	42
3-3	ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าเปอร์เซนไทล์ที่ 5, 50 และ 95 ของสัดส่วนมือข้างขวา ของพนักงานควบคุมเครื่องตบดิน	43
3-4	ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าเปอร์เซนไทล์ที่ 5, 50 และ 95 ของสัดส่วนมือข้างซ้าย ของพนักงานควบคุมเครื่องตบดิน	44
3-5	แนวคิดรูปแบบด้ามจับที่เหมาะสม สำหรับเครื่องตบดินแบบกระโดด	44
3-6	รูปแบบด้ามจับที่เหมาะสม เพื่อลดค่าความสั่นสะเทือนของเครื่องตบดิน	45
3-7	กำหนดขนาดของด้ามจับที่เหมาะสม เพื่อลดค่าความสั่นสะเทือนของเครื่องตบดิน	46
4-1	จำนวนและร้อยละของข้อมูลส่วนบุคคลของกลุ่มตัวอย่าง	52
4-2	ความเร่งความสั่นสะเทือนรวม ก่อนและหลังการใช้วัสดุห่อหุ้มด้ามจับ	53
4-3	ค่าความสั่นสะเทือน เทียบกับค่ามาตรฐาน	55
4-4	ข้อมูลค่าความเร่งความสั่นสะเทือนแต่ละความถี่แยกตามแนวแกน ก่อนและหลังการใช้วัสดุห่อหุ้มด้ามจับ	56
4-5	ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างค่าความเร่งความสั่นสะเทือนโดยรวม ก่อนและหลังการใช้วัสดุห่อหุ้มด้ามจับ	57
4-6	ผลเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยความเร่งความสั่นสะเทือนในแต่ละความถี่ก่อนและหลังการใช้วัสดุห่อหุ้มด้ามจับ	57
4-7	จำนวนและร้อยละของกลุ่มตัวอย่างจำแนกตามผลการประเมินระดับแรงบีบมือ ก่อนและหลังการใช้วัสดุห่อหุ้มด้ามจับ	61

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4-8 ผลการเปรียบเทียบแรงบีบมือ ก่อนและหลังการใช้วัสดุห่อหุ้มด้ามจับ 62

4-9 ความรุนแรงของอาการผิดปกติบริเวณต่างๆของร่างกายก่อนการใช้วัสดุห่อหุ้มด้ามจับ 63

4-10 ความรุนแรงของอาการผิดปกติบริเวณต่างๆของร่างกายหลังการใช้วัสดุห่อหุ้มด้ามจับ 64

4-11 ผลการเปรียบเทียบอาการผิดปกติบริเวณต่างๆของร่างกายก่อนและหลังการใช้วัสดุห่อหุ้มด้ามจับ 65

4-12 ระดับความพึงพอใจต่อวัสดุห่อหุ้มด้ามจับ 66

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1-1	กรอบแนวคิดในการวิจัย	5
2-1	การตรวจสอบระดับ	9
2-2	การถมดินแบบอัด	10
2-3	การถมดินแบบไม่อัด	11
2-4	การบดอัดดินด้วยเครื่องตบดินแบบกระโดด	12
2-5	ส่วนประกอบของเครื่องตบดินแบบกระโดด	12
2-6	แรงที่เกิดขึ้นจากการหมุนข้อเหวี่ยงของเครื่องตบดินแบบกระโดด	13
2-7	ค่าความสั่นสะเทือนเฉลี่ยของเครื่องมือชนิดต่าง ๆ ในงานก่อสร้าง	15
2-8	ขนาดของแรงสั่นสะเทือน	21
2-9	ลักษณะทิศทางการจับทรงกระบอก	22
2-10	ทิศทางการติดตั้งในเครื่องตบดินแบบกระโดด	23
2-11	ท่าทางการวัดแรงบีบมือ	27
2-12	หลักการของการดูดซับการสั่นสะเทือน	29
2-13	แบบจำลองความการสั่นสะเทือนที่กระทำกับพื้น และ FBD	30
3-1	เครื่องวัดความสั่นสะเทือนที่มือและแขน	36
3-2	การประเมินอาการผิดปกติโดยใช้คะแนน	39
3-3	สัดส่วนการวัดขนาดของมือและแขนข้างที่ถนัด 31 สัดส่วน	43
3-4	รูปแบบการออกแบบวัสดุห่อหุ้มด้ามจับ	46
3-5	การประเมินอาการผิดปกติที่มือและแขน และการทดสอบแรงบีบมือ	47
3-6	การตรวจวัดค่าความเร่งความสั่นสะเทือน	48
3-7	การดำเนินการเก็บรวมรวบข้อมูล	49
4-1	ค่าความสั่นสะเทือน ก่อนและหลังการใช้วัสดุห่อหุ้มด้ามจับเทียบกับค่ามาตรฐาน	55
4-2	ผลการประเมินระดับแรงบีบมือ ก่อนและหลังการใช้วัสดุห่อหุ้มด้ามจับ	61

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันประเทศไทยมีแนวโน้มในการขยายตัวทางด้านเศรษฐกิจและสังคมสูงขึ้น โดยอุตสาหกรรมก่อสร้างเป็นอุตสาหกรรมหนึ่งในการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศ ซึ่งจังหวัดระยองเป็นแหล่งอุตสาหกรรมหนึ่งที่มีความสำคัญ จากข้อมูลผลิตภัณฑ์มวลรวมสินค้าและบริการจังหวัดระยอง ปี 2557 เท่ากับ 2,333,201 บาท โดยที่ผลิตภัณฑ์มวลรวมสินค้าและบริการ หรือ Gross Provincial Products (GPP) สาขาก่อสร้าง คิดเป็น 40,920 ล้านบาท (สำนักงานสถิติจังหวัดระยอง, 2557) ซึ่งเป็นผลให้มีจำนวนการใช้แรงงานก่อสร้างเป็นจำนวนมาก ในส่วนของสถิติลูกจ้างที่ทำงานก่อสร้างก็ประสบอันตรายมากขึ้นด้วยเช่นกันโดยในรอบ 5 ปี พ.ศ. 2554-2558 พบว่าประเภทกิจการก่อสร้างมีจำนวนการประสบอันตรายสูงสุดจากประเภทกิจการทั้งหมด มีจำนวนลูกจ้างประสบอันตรายเฉลี่ย 8,637 รายต่อปี หรือคิดเป็นร้อยละ 7.58 ต่อปี ของการประสบอันตรายทั้งหมด (สำนักงานกองทุนเงินทดแทน, 2559) ทั้งนี้หลายหน่วยงานที่มีส่วนในการรณรงค์ ส่งเสริมด้านความปลอดภัย ได้ดำเนินตามนโยบายความปลอดภัยในการส่งเสริมการดำเนินงานเพื่อสร้างเสริมความปลอดภัยให้เกิดขึ้นกับคนทำงาน ภายใต้นโยบาย SAFETY THAILAND โดยมีกลยุทธ์ให้มีการเคร่งครัดในการบังคับใช้กฎหมาย สร้างกลไกในการดำเนินงานด้านความปลอดภัยโดยเฉพาะอย่างยิ่งในอุตสาหกรรมก่อสร้าง (กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน, 2560) ซึ่งมีความสำคัญ เนื่องจากด้วยสาเหตุจากการประสบอันตรายในงานก่อสร้างเป็นอับดับต้น ๆ นั้น

เนื่องจากในอุตสาหกรรมก่อสร้างมีปัจจัยเสี่ยงแฝงอยู่มากมายที่มีผลกระทบต่อสุขภาพจากการที่มีการนำเอาเครื่องมือมาใช้เพื่อทุ่นแรงเป็นจำนวนมาก เช่น รถแทรกเตอร์ รถบรรทุก เครื่องเจาะถนน เลื่อยไฟฟ้า เครื่องเจาะ เครื่องตัด เครื่องตบอัดดิน เป็นต้น ซึ่งเครื่องมือที่ใช้ในกิจกรรมก่อสร้างดังกล่าวเป็นแหล่งของสิ่งคุกคามทางกายภาพคือความสั่นสะเทือน ทำให้พนักงานที่ควบคุมเครื่องจักรกลเหล่านี้มีความเสี่ยงในการรับสัมผัสปัจจัยเสี่ยงดังกล่าว (อนามัย ธีรวิโรจน์, 2556) โดยเฉพาะเครื่องตบดินแบบกระโดดเป็นเครื่องมือที่นำมาใช้ในงานก่อสร้างและมีความสำคัญต่อขั้นตอนการเตรียมดินเพื่อการก่อสร้าง ทำให้พื้นดินที่ต้องการบดอัดเกิดความแข็งแรงหรือลดความโปร่งของพื้นดิน เพื่อให้ดินสามารถรองรับน้ำหนักที่กระทำโดยไม่ให้เกิดความเสียหายต่อพื้นดินไม่ว่าจะเป็นงานก่อสร้างอาคารพาณิชย์ โรงงานอุตสาหกรรม ตึกสูง หรือแม้กระทั่งที่อยู่อาศัย (เสริมศักดิ์ อักขราสา, 2551) พนักงานจึงมีโอกาสในการรับสัมผัส

แรงสั่นสะเทือนบริเวณมือและแขนทำให้มีความเสี่ยงต่อสุขภาพอนามัยได้

ลักษณะการทำงานของเครื่องตบดินมีการใช้พลังงานกลเพื่อให้เกิดการกระแทกกับพื้นดินจึงเป็นผลให้เกิดความสั่นสะเทือนส่งผ่านที่บริเวณด้ามจับมายังบริเวณ มือและแขนของพนักงานควบคุมเครื่องตบดินแบบกระโดด ซึ่งผลกระทบจากความสั่นสะเทือนนี้ก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพโดยเฉพาะบริเวณมือและแขน โดยส่งผลให้มีการไหลเวียนของเลือดผิดปกติ มีการหดเกร็งบริเวณนิ้วมือทำให้นิ้วมือซีดขาวจากความสั่นสะเทือน (Vibration White Fingers: VWF) หรือที่เรียกกันว่ากลุ่มอาการผิดปกติจากความสั่นสะเทือนเฉพาะมือและแขน (Hand-arm vibration syndrome: HAVs) (Health & Safety Executive, 2010) มีอาการ การเสียวแปลบ ชา และซีดขาวของนิ้วมือ อาจเสียความสามารถในการควบคุมกล้ามเนื้อ มีอาการปวดและการรับความรู้สึกร้อน-เย็นลดลง หากรุนแรงจะมีการทำลายผนังหลอดเลือดแดงที่นิ้ว ทำให้รูหลอดเลือดเล็กลง (สมาคมส่งเสริมความปลอดภัยและอนามัยในการทำงาน, 2559) และอาการพบอย่างชัดเจนขณะที่มีการสัมผัสความสั่นสะเทือนจะมีอาการหูอื้อ เวียนศรีษะและความจำสั้น เมื่อมีการรับสัมผัสมากกว่า 2 ชั่วโมง (Xu et al., 2016)

จากการสำรวจข้อมูลเบื้องต้นจากห้องพยาบาลพื้นที่โครงการก่อสร้างแห่งหนึ่งในจังหวัดระยอง พบว่า พนักงานที่ปฏิบัติงานกับเครื่องตบดิน ลักษณะการทำงานมีการใช้มือในการควบคุมเครื่องตบดิน มีระยะเวลาการปฏิบัติงานตั้งแต่ 6 ถึง 8 ชั่วโมง การทำงานต่อวัน ทำงาน 6 วันต่อสัปดาห์ ลักษณะการทำงานมีการใช้มือในการควบคุมเครื่องตบดิน มีประวัติการเบิกจ่ายยาเป็นอันดับต้น ๆ โดยจากข้อมูลสถิติการเบิกจ่ายยามีจำนวนการเบิกยาบรรเทาอาการปวดหรือคลายกล้ามเนื้อ 120 ครั้งต่อเดือน จากอาการปวดเมื่อยกล้ามเนื้อมือ (ไทยเพนตา โอเชี่ยน, 2558) ซึ่งอาการที่เกิดขึ้นตามส่วนต่าง ๆ ของร่างกายนี้หากไม่ได้รับการแก้ไขจะมีแนวโน้มที่จะมีความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บสะสมเรื้อรัง โดยเฉพาะความผิดปกติทางระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อร้อยละ 70 (สุดาว เลิศวิสุทธิไพบูลย์, 2554) จึงได้ทำการศึกษาอาการผิดปกติด้วยแบบสอบถามความรู้สึกผิดปกติกับพนักงานที่มีการปฏิบัติงานกับเครื่องตบดิน จำนวน 10 คน พบว่า พนักงานมีอาการความรู้สึกปวด ความรู้สึกชา ความรู้สึกกล้ามเนื้ออ่อนแรง ที่บริเวณมือและข้อมือ ไหล่ และข้อศอก เนื่องจากต้องออกแรงบริเวณดังกล่าวในการบังคับเครื่องตบดิน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของสุพร มีเกียรติกุลธร (2558) ในการปฏิบัติงานของพนักงานที่ต้องมีการออกแรงกดมากเพื่อควบคุมเครื่องมือ ทำให้ต้องสัมผัสกับความสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นจากเครื่องจักร ผลที่เกิดขึ้นทำให้กล้ามเนื้อมือเกิดความรู้สึกไม่สบาย บาดเจ็บ มีอาการชามือ จากการออกแรงกดหรือกำมือ เป็นสาเหตุทำให้เกิดการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อมือและแขนทำให้เกิดอาการปวดกล้ามเนื้อ นอกจากนี้ความสั่นสะเทือนยังเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อแรงบีบมือหรือมีความผิดปกติของกล้ามเนื้อในการออกแรงกด

หรือกำ (Ali et al., 2015) แรงบีบมือจะมีค่าลดลงเมื่อสัมผัสกับเครื่องมือที่ความสั่นสะเทือน (ศศิวิมล บุตรสีเขียว, 2555)

จากการศึกษาวัดค่าความสั่นสะเทือนจากเครื่องตบดินแบบกระโดด พบว่า ค่าความเร่งความสั่นสะเทือนเฉลี่ยเมื่อนำมาทำการเทียบกับค่ามาตรฐาน ISO (ISO 5349-1, 2001) ที่สัมผัส 8 ชั่วโมงการทำงาน พบว่า มีค่าความเร่งเฉลี่ย 8.477 m/s^2 ซึ่งเกินค่ามาตรฐานความสั่นสะเทือนที่มือและแขน ตาม ISO 5349-1 อาจจะส่งผลต่อสุขภาพนำไปสู่ความผิดปกติของระบบประสาทและระบบการไหลเวียนของหลอดเลือดได้ (Hao et al., 2011) เมื่อพิจารณาช่วงความถี่สูงสุดจากการตรวจวัดค่าความสั่นสะเทือน อยู่ในช่วง 8-100 Hz โดยช่วงความถี่ที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพอยู่ที่ 6.3-1,250 Hz. (ISO 5439, 2011)

การแก้ไขปัญหาความสั่นสะเทือนทำได้หลายวิธี ได้แก่การออกแบบอุปกรณ์ลดการสั่นสะเทือนจากเครื่องจักร ซึ่งเป็นการควบคุมที่แหล่งกำเนิดตามหลักสุขศาสตร์อุตสาหกรรม การควบคุมด้วยวิธีนี้มีประสิทธิภาพในการลดแรงสั่นสะเทือนสูงแต่ต้องใช้ต้นทุนสูงด้วยเช่นกันและต้องอาศัยความรู้ความเข้าใจต่อกระบวนการทางกลศาสตร์ของเครื่องกลอีกด้วย ในการแก้ไขปัญหาความสั่นสะเทือนอีกวิธีหนึ่งคือการแก้ไขที่การควบคุมที่ทางผ่านหรือลดการส่งผ่านของความสั่นสะเทือนมาสู่ผู้ปฏิบัติงาน ซึ่งในปัจจุบันได้มีการใช้ถุงมือลดการส่งผ่านความสั่นสะเทือน ที่มีคุณสมบัติหรือวัตถุดิบที่ใช้ทำถุงมือแตกต่างกัน ดังเช่นการศึกษาของเดล ได้ทำ การศึกษาประสิทธิภาพของถุงมือป้องกันความสั่นสะเทือน และมีการประยุกต์เอา แผ่นยางพอลิเมอร์ หนา 1/4 นิ้ว เป็นวัสดุจากถุงมือมาห่อหุ้มด้ามจับของเครื่องมือ พร้อมทั้งศึกษาประสิทธิภาพการลดการส่งผ่านความสั่นสะเทือนของถุงมือแต่ละชนิด เช่น ถุงมือชนิดเม็ดเจล ชนิดโฟม และชนิดฟองอากาศ (Dale et al., 2010) อย่างไรก็ตามมักพบว่า คนงานไม่นิยมสวมถุงมือในขณะปฏิบัติงาน เนื่องจากไม่สะดวกสบาย ขณะสวมใส่ และเป็นการควบคุมป้องกันในลำดับสุดท้ายในการควบคุมป้องกันด้านอาชีวอนามัย ดังนั้นแนวทางหนึ่งที่สามารถลดความสั่นสะเทือนได้ก็คือ การนำวัสดุมาหุ้ม ที่ด้ามจับของเครื่องมือนั้น (พรทิพย์ เย็นใจ, 2546)

ในการลดความสั่นสะเทือนของเครื่องตบดินแบบกระโดดในครั้งนี้ดำเนินการด้วยวิธีการควบคุมความสั่นสะเทือนที่ทางผ่าน โดยการควบคุมแบบพาสชีพ (Passive vibration absorbers เพื่อให้การส่งผ่านการสั่นสะเทือนไปส่วนที่มีการรับสัมผัสลดลง โดยใช้วัสดุห่อหุ้มด้ามจับ ซึ่งพิจารณาวัสดุที่มีความสามารถช่วยลดค่าความเร่งความสั่นสะเทือนในช่วงความถี่ที่เป็นผลต่อสุขภาพของพนักงานดังกล่าว คือ ยางกันสะเทือนหรือยางกันกระแทก ซึ่งมีความสามารถนำมาลดความสั่นสะเทือนที่เท้าของพนักงานแผนกเย็บผ้าได้ ที่ความสั่นสะเทือนได้ที่ความถี่ตั้งแต่ 10 Hz ขึ้นไป เมื่อนำมาทำการห่อหุ้มบริเวณด้ามจับของเครื่องมือสว่านเจาะ เพื่อลดการส่งผ่านความ

สั่นสะเทือนมายังผู้สัมผัส พบว่า ลดการส่งผ่านความสั่นสะเทือนได้ 59% ที่ความถี่ต่ำกว่า 25 Hz (Singh & Khan, 2014) และ โฟมยาง NBR สามารถลดได้ในช่วงความถี่ 3-40 Hz (ศุภัทธนันท์ รักพงษ์, 2558) เมื่อนำมาใช้เป็นด้ามจับของรถแทรคเตอร์สามารถลดค่าความสั่นสะเทือนที่ส่งผ่านมายังมือได้ 33% (Shinde & Jadhav, 2016) เพื่อนำมาใช้เป็นวัสดุห่อหุ้มด้ามจับกับเครื่องตบดินแบบกระโดด ทั้งนี้ความเหมาะสมของความกว้าง ขนาดและรูปร่างของวัสดุมีผลความสามารถในการดูดซับการสั่นสะเทือน (ยุพา ตาวัน, 2553)

ผู้วิจัยจึงเห็นความสำคัญและความจำเป็นที่จะต้องศึกษาวิจัย โดยผู้วิจัยมุ่งประเด็นการศึกษาประสิทธิผลของวัสดุห่อหุ้มด้ามจับเพื่อลดค่าความสั่นสะเทือนในพนักงานควบคุมเครื่องตบดินแบบกระโดด ในอุตสาหกรรมก่อสร้างประเภทงานดินและปรับพื้นที่ ในจังหวัดระยอง รวมถึงศึกษาแรงบีบและอาการผิดปกติที่มือและแขนของพนักงานมีการสัมผัสกับเครื่องตบดินแบบกระโดดร่วมด้วย เพื่อการเป็นศึกษาว่าวัสดุที่ออกแบบเพื่อลดค่าความสั่นสะเทือนที่ส่งผ่านมายังมือนั้นมีประสิทธิภาพดีมากน้อยเพียงใด

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

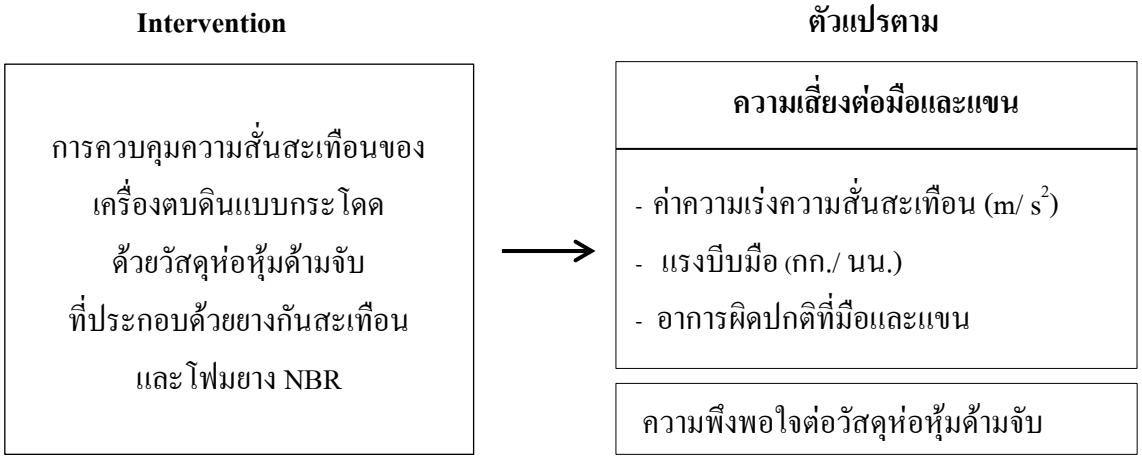
1. เพื่อประเมินความเสี่ยงค่าความเร่งความสั่นสะเทือน แรงบีบมือ และอาการผิดปกติที่มือและแขน จากเครื่องตบดินแบบกระโดดก่อน-หลังใช้วัสดุห่อหุ้มด้ามจับ ของพนักงานควบคุมเครื่องตบดินแบบกระโดด
2. เพื่อเปรียบเทียบค่าความเร่งความสั่นสะเทือน แรงบีบมือและอาการผิดปกติที่มือและแขน จากเครื่องตบดินแบบกระโดดก่อน-หลังใช้วัสดุห่อหุ้มด้ามจับ ของพนักงานควบคุมเครื่องตบดินแบบกระโดด
3. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของพนักงานควบคุมเครื่องตบดินแบบกระโดด หลังใช้วัสดุห่อหุ้มด้ามจับของเครื่องตบดินแบบกระโดด

สมมติฐานของการวิจัย

1. ความเสี่ยงต่อมือและแขนลดลงโดยใช้วัสดุห่อหุ้มด้ามจับ ลดความสั่นสะเทือนของเครื่องตบดินแบบกระโดด ในคนงานก่อสร้าง จังหวัดระยอง
2. พนักงานที่ปฏิบัติงานกับเครื่องตบดินแบบกระโดดมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากหลังการใช้วัสดุห่อหุ้มด้ามจับ

กรอบแนวคิดในการวิจัย

จากการทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง กรอบแนวคิดในการวิจัย การศึกษาประสิทธิผลของวัสดุห่อหุ้มด้ามจับเพื่อลดความเสี่ยงที่มือและแขนในพนักงานควบคุมเครื่องตบดินแบบกระโดด ในอุตสาหกรรมก่อสร้างประเภทงานดินและปรับพื้นที่ สามารถอธิบายได้ดังภาพที่ 1-1



ภาพที่ 1-1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

1. พนักงานมีผลของอาการผิดปกติที่มือและแขนน้อยลงได้
2. พนักงานได้รับประสิทธิภาพในการทำงานมากขึ้นและสร้างความตระหนักและตื่นตัวต่อการทำงานที่มีการรับสัมผัสความสั่นสะเทือน

ขอบเขตของการวิจัย

ขอบเขตของการวิจัยในครั้งนี้ประกอบด้วย ขอบเขตด้านประชากร ขอบเขตด้านเนื้อหา ขอบเขตด้านเวลาและขอบเขตด้านสถานที่ โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. ขอบเขตด้านประชากร

ศึกษาในพนักงานควบคุมเครื่องตบดินแบบกระโดด ในงานก่อสร้าง จังหวัดระยอง จำนวน 10 คน

2. ขอบเขตด้านเนื้อหา

การศึกษานี้เป็นการศึกษากึ่งการทดลอง ศึกษาเปรียบเทียบก่อนและหลังค่าความเร่งความสั่นสะเทือนของเครื่องตบดินแบบกระโดดและศึกษาอาการผิดปกติและแรงบีบมือ

3. ขอบเขตด้านระยะเวลา

เริ่มศึกษาตั้งแต่เดือนมีนาคม ถึง เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2560

4. ขอบเขตด้านสถานที่

ศึกษา ในงานก่อสร้าง 3 โครงการ จังหวัดระยอง

นิยามศัพท์เฉพาะ

ประสิทธิผล หมายถึง การศึกษาสามารถลดค่าความเร่งความสั่นสะเทือนที่ส่งผ่านมายังมือและแขน ในการควบคุมเครื่องตบดินแบบกระโดด หลังการใช้วัสดุห่อหุ้มที่ด้ามจับ แรงบีบมือสูงขึ้น และพนักงานมีความพึงพอใจ หลังการใช้วัสดุห่อหุ้มด้ามจับอยู่ในระดับมาก

เครื่องตบดินแบบกระโดด (Vibratory rammer) หมายถึง เครื่องมือกลด้านวิศวกรรมก่อสร้าง เพื่อปรับดินแน่นขั้นพื้นฐานไม่ให้ยุบตัวหรือเกิดการแตกร้าว มีความถี่คือ 5,600 รอบต่อนาที (RPM)

พนักงานควบคุมเครื่องตบดินแบบกระโดด หมายถึง พนักงานที่ดำเนินงานด้านฐานรากปรับดินพื้นฐานและเป็นผู้ควบคุมเครื่องตบดินแบบกระโดด โดยผ่านการคัดเลือกตามเกณฑ์ ดังนี้ ไม่เป็นผู้ป่วยโรคเบาหวาน โรคความดันโลหิตสูง โรคหัวใจ หรือโรคที่มีความผิดปกติเกี่ยวกับหลอดเลือดส่วนปลาย เช่นหลอดเลือดอุดตัน และโรคที่มีความผิดปกติเกี่ยวกับกล้ามเนื้อ เช่น โรคนิ้วมือซีดขาว

วัสดุห่อหุ้มด้ามจับ หมายถึง วัสดุห่อหุ้มด้ามจับประกอบด้วย โฟมยาง NBR ความหนา 9 มม. และยางกันสะเทือนหรือยางกันกระแทก ความหนา 5 มม. ประกบเข้าด้วยกันและยึดทั้ง 2 ส่วนด้วยกาวยางเอสบี โดยติดตั้งเข้ากับบริเวณด้ามจับของเครื่องตบดินและยึดให้แน่นด้วยเทปหนามเตยที่ประกอบด้วยด้านตะขอและด้านเส้นใย เพื่อลดความสั่นสะเทือนที่ส่งผ่านมายังบริเวณมือและแขน

ความเสี่ยงที่มือและแขน หมายถึง ค่าความเสี่ยงที่มือและแขน ที่ประเมินโดย

1. ค่าความเร่งความสั่นสะเทือน หมายถึง เครื่องมือวัดค่าความเร่งความสั่นสะเทือนที่มือและแขน ที่วัดได้จากด้ามจับของเครื่องตบดินแบบกระโดด ที่วัดด้วยเครื่องวัดค่าความสั่นสะเทือน (Hand and Arm vibration meter)หรือเครื่องตามมาตรฐาน ISO โดยทำการวัดตามแนวแกน X, Y, Z มีหน่วยเป็น เมตร/ วินาที^{2} (m/ s^2) คำนวณค่าความเร่งเฉลี่ย และแปลผลค่า

ความสั่นสะเทือนโดยการคำนวณค่าความสั่นสะเทือนที่ปรับค่าถ่วงน้ำหนักแต่ละแนวแกน จากนั้นคำนวณหาค่าความเร่งในแต่ละแนวแกน และคำนวณรวมทั้งสามแนวแกน (ISO 5439-2, 2011)

2. อาการผิดปกติ ที่มือและแขน หมายถึง แบบสอบถามอาการและชี้บ่งตำแหน่งที่ผิดปกติ (Nordic Musculoskeletal Questionnaire) เป็นแบบสอบถามความรู้สึกไม่สุขสบาย มีอาการชามือ ปวดตามข้อมือ กล้ามเนื้อมืออ่อนแรงและมีอาการปวดบริเวณมือและแขนจนถึงบริเวณไหล่และตำแหน่งของร่างกายที่ผิดปกติ จากการที่ต้องออกแรงในการบังคับเครื่องตบกระโดด โดยวัดจากแบบสอบถาม ที่ประยุกต์จาก Kuorinka และ ศศิวิมล บุตรสีเขียว มีทั้งหมด 9 คำถาม เช่น อาการปวด อาการชา และกล้ามเนื้ออ่อนแรง (ศศิวิมล บุตรสีเขียว, 2555) โดยกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนโดยใช้ Visual Analog scale (VAS) ซึ่งแบ่งเป็น 10 คะแนน ตั้งแต่ 0 คือ ไม่มีอาการปวด จนถึง 10 คือ ปวดมากที่สุด ดังนี้ การแปลผลอาการผิดปกติออกเป็น 5 ระดับ ดังนี้ ไม่มีอาการ มีอาการน้อย มีอาการปานกลาง มีอาการมาก และมีอาการรุนแรง (Inchingolo et al., 2011)

3. แรงบีบมือ หมายถึง การทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อมือ หรือทดสอบแรงบีบมือ (Hand grip force) ที่วัดด้วยเครื่องเครื่องทดสอบแรงบีบมือ (Hand grip dynamometer) โดยวัดมือในท่ายืนตรงทั้งสองข้าง (ซ้ายและขวา) โดยทดสอบ 3 ครั้ง ใช้ค่าที่ได้สูงสุด มีหน่วยเป็นกิโลกรัม นำมาหารด้วยนำหนักตัวของผู้ทดสอบ นำผลประเมินเทียบตามตารางค่ามาตรฐานแรงบีบมือต่อน้ำหนักตัวของคนไทย แปลผลเป็นเป็น 5 ระดับ คือ ดีมาก ดี ปานกลาง ต่ำ ต่ำมาก ตามมาตรฐานการกีฬาแห่งประเทศไทย (ฝ่ายวิทยาศาสตร์การกีฬา การกีฬาแห่งประเทศไทย, 2543)

ความพึงพอใจ หมายถึง ผลของความพึงพอใจ เช่น เมื่อใช้แล้วไม่รู้สึกรำคาญ ไม่ส่งผลกระทบต่อความคล่องตัวในการปฏิบัติงานของพนักงานที่ใช้วัสดุห่อหุ้มด้ามจับ โดยวัดจากแบบสอบถามความพึงพอใจ (ศุภัทธนันท์ รักพงษ์, 2558) การแปลผลแบ่งออกเป็น 5 ระดับ คือ ระดับ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย และน้อยที่สุด

บทที่ 2
เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาครั้งนี้เพื่อศึกษาประสิทธิผลของวัสดุห่อหุ้มด้ามจับเพื่อลดความเสี่ยงที่มือและแขนในพนักงานควบคุมเครื่องตบดินแบบกระโดด ในอุตสาหกรรมก่อสร้างประเภทงานดินและปรับพื้นที่ โดยผู้วิจัยได้รวบรวมข้อมูลจากหนังสือ วิทยานิพนธ์ งานวิจัย วารสาร และฐานข้อมูลออนไลน์ที่เกี่ยวข้อง โดยมีหัวข้อทบทวนวรรณกรรม ดังนี้

1. งานดินและงานปรับพื้นที่สำหรับอุตสาหกรรมก่อสร้างอาคาร
2. เครื่องตบดินแบบกระโดด (Tamping rammer)
3. ความสั่นสะเทือน (Vibration)
4. ปัจจัยที่ก่อให้เกิดอันตรายจากความสั่นสะเทือน
5. ผลกระทบของความสั่นสะเทือนต่อร่างกาย
6. การประเมินความสั่นสะเทือน
7. การประเมินอาการผิดปกติของมือและแขน
8. การประเมินแรงบีบมือ
9. การควบคุมความสั่นสะเทือน

งานดินและงานปรับพื้นที่สำหรับอุตสาหกรรมก่อสร้างอาคาร

ในอุตสาหกรรมก่อสร้างนั้นมีรายละเอียดขั้นตอนในการทำงานค่อนข้างมาก ขึ้นอยู่กับประเภทของงานที่ต้องการก่อสร้าง แต่โดยทั่วไปแล้วในการก่อสร้างอาคารทั่ว ๆ ไปมีขั้นตอนดังนี้ งานเตรียมพื้นที่หรืองานปรับระดับดิน งานฐานรากและเสาเข็ม งานโครงสร้างคอนกรีต งานโครงงานหลังคา งานพื้นคอนกรีต งานก่อผนังฉาบปูน งานสถาปัตยกรรม งานเพดาน งานประตูและหน้าต่าง งานตกแต่งผนัง งานปูพื้น งานทาสีอาคาร งานสุขภัณฑ์ และงานป้องกันและอัคคีภัย งานระบบไฟฟ้าและประปา

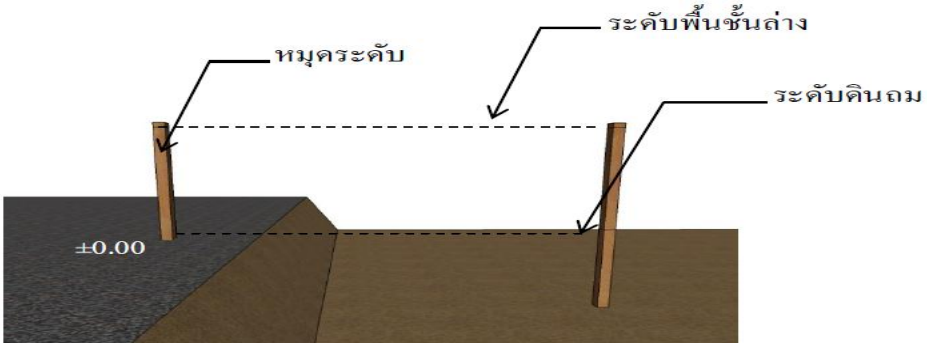
งานดินและงานปรับพื้นนั้นเป็นการเตรียมสถานที่ในงานก่อสร้างมีความสำคัญต่อขั้นตอนการก่อสร้างเป็นอย่างมาก ซึ่งเป็นขั้นตอนแรกเพื่อเตรียมความพร้อมในการเริ่มต้นก่อสร้าง ถ้าทุกขั้นตอนของการเตรียมสถานที่ก่อสร้างมีความถูกต้องตามรูปแบบที่กำหนดก็สามารถดำเนินการตามขั้นตอนก่อสร้างต่อไปได้ โดยสามารถแบ่งเป็นขั้นตอนได้ ดังนี้

1. การเตรียมสถานที่ คือการเตรียมพื้นที่บริเวณก่อสร้าง ให้มีความพร้อม ก่อนที่จะดำเนินการก่อสร้างอาคารซึ่งต้องคำนึงถึงปัจจัยต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1.1 ขนาดที่ดิน และสภาพแวดล้อม ที่ดินคือสิ่งที่สำคัญที่สุดในการดำเนินงานก่อสร้าง เป็นตัวกำหนด ขนาด ระดับ ดินหรือเรียกว่าลักษณะทางกายภาพ สิ่งเหล่านี้ เป็นตัวกำหนดรูปทรงของแบบที่ต้องการก่อสร้างว่ามี รูปร่างอย่างไร เช่น ที่ดินด้านหน้าแคบ ไม่กว้างมาก แต่มีความลึกเข้าไปด้านหลังมากกว่าด้านหน้า

1.2 สภาพแวดล้อม คือบริเวณที่อยู่ใกล้หรือบริเวณที่รอบ ๆ ที่ดินที่ต้องการก่อสร้าง ซึ่งสภาพแวดล้อมมีผลทั้งทางตรงและทางอ้อม เช่น ทางตรง มีสภาพภูมิอากาศ ร้อน หนาว ลม แดด ฝน เป็นต้น ส่วนทางอ้อม เช่น สภาพแวดล้อม บริเวณ รอบ ๆ เป็นต้น

1.3 ตรวจสอบระดับ เป็นการหาจุดระดับที่ตั้งต้นของการก่อสร้างเพื่อเป็นจุดระดับจุดแรกที่นำไปหาระดับความสูงของพื้นชั้นแรกของอาคาร (สุเชษฐ์ อาจสมโภชน์, 2554)



ภาพที่ 2-1 การตรวจสอบระดับ (สุเชษฐ์ อาจสมโภชน์, 2554)

1.4 การปรับพื้นที่ เป็นการปรับพื้นที่ก่อนการก่อสร้างต้องปรับที่พื้นดินให้มีความเหมาะสม โดยการถมและขุดบางครั้งมีทั้งการถมและการขุดไปด้วยกัน การปรับพื้นที่สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 แบบ

1.4.1 การถมแบบอัดหรือการบดอัดดิน คือ วิธีการปรับปรุงคุณภาพดินทางกลทำให้มีคุณสมบัติเหมาะเพื่อการก่อสร้างตามมาตรฐาน เพื่อให้ดินที่บดอัดแล้วมีความหนาแน่นเพิ่มขึ้น การยุบตัวลดลง ความสามารถในการรับน้ำหนักดีขึ้น กำลังดีขึ้นเพิ่มแรงต้านทานแรงเฉือน และการซึมน้ำลดลง โดยแรงหรือพลังงานที่ใช้ในการบดอัด อาจได้จากแรงคนหรือเครื่องจักร ซึ่งเครื่องจักรมีอยู่หลากหลายชนิด โดยในการเลือกใช้ชนิดของเครื่องจักรให้เหมาะสมกับชนิดของดินและพื้นที่จะช่วยให้การบดอัดมีประสิทธิภาพ ประหยัดและได้ดินบดอัดที่มีคุณสมบัติตรงตามวัตถุประสงค์

(สุภาพร แจ่มเจริญ, 2532) เครื่องมืออุปกรณ์ที่ใช้ทำการบดอัดดินมีตั้งแต่เครื่องจักรกลขนาดใหญ่มีน้ำหนัก จนถึงเครื่องมือขนาดเล็กอาศัยแรงคนช่วยในการบดอัด แบ่งตามประเภทต่าง ๆ เช่น เครื่องตบดินแบบกระโดด เป็นเครื่องมือบดอัดที่ใช้แรงในการกระแทก มีขนาดเล็กทำการบดอัดด้วยใช้แรงคนหรือกึ่งคน เหมาะสมกับการใช้ทำการบดอัดดินเกือบทุกชนิด สะดวกต่อบริเวณพื้นที่จำกัดที่ไม่สามารถทำการบดอัดโดยเครื่องจักรกลขนาดใหญ่ ๆ ได้ (สันชัย อินทพิชัย, 2547)

ตารางที่ 2-1 ชนิดของการบดอัดและเครื่องมือที่ใช้ในการบดอัด

ชนิดของการบดอัด	**เครื่องจักรกลที่ใช้บดอัด**
การบดอัดแบบการสั่นและกระทุ้ง	เครื่องตบดินแบบกระโดด
	เครื่องบดอัดแบบเดินตาม
การบดอัดแบบนวด	รถบดอัดตีนแกะ
	รถบดสั่นสะเทือน
	รถบดล้อเหล็ก
	รถบดล้อยาง

ที่มา: สุภาพร แจ่มเจริญ (2532)

ภาพที่ 2-2 การถมดินแบบอัด
ที่มา: ไทยเพนตา-โอเชี่ยน (2559)

1.4.2 การถมดินแบบไม่อัด คือ การถมให้เต็มทั้งพื้นที่ในครั้งเดียวแล้วบดอัดเฉพาะด้านหน้าผิวดินและเกลี่ยดินให้ทั่วพื้นที่การก่อสร้าง การถมลักษณะนี้ ใช้ในการถมดินที่ไม่ต้องการความสูงมากนัก เหมาะกับการก่อสร้าง ที่มีการถ่ายน้ำหนักลงบนฐานราก หรือมีเสาเข็มรับ

น้ำหนัก (สุเชษฐ์ อาจสมโภชน์, 2554) และถ่ายน้ำหนักลงชั้นดิน ไม่เกี่ยวข้องกับระยะเวลาที่ถมดินหรือการบดอัดเสียก่อน

ภาพที่ 2-3 การถมดินแบบไม่อัด
ที่มา: ไทยเพนตา-โอเชี่ยน (2559)

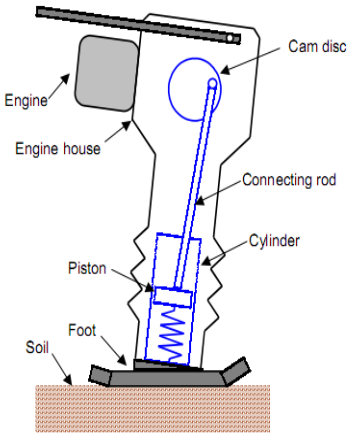
ดังที่กล่าวในตอนต้นการใช้เครื่องจักรชนิดบดอัดประเภทใดนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของสภาพของพื้นดิน ประเภทของสิ่งที่ต้องการก่อสร้างและพื้นที่ ที่ต้องการบดอัด หากพื้นที่เป็นที่แคบหรือเครื่องจักรที่มีขนาดใหญ่อยากที่จะเข้าถึง โดยทั่วไปแล้วเลือกใช้เครื่องบดอัดดินที่มีขนาดเล็กและต้องใช้คนในการควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่ เช่นเครื่องตบดินแบบกระโดด ที่มีการนำมาใช้ในขั้นตอนการปรับพื้นที่ในอุตสาหกรรมเป็นจำนวนมาก เนื่องจากสามารถเคลื่อนย้ายไปในพื้นที่คับแคบได้ง่ายกว่าชนิดเครื่องจักรชนิดอื่น ๆ

เครื่องตบดินแบบกระโดด (Vibratory rammer)

เครื่องตบดินแบบกระโดดใช้แรงกระแทกบดอัดดินให้แน่น วัตถุประสงค์คือนำมาใช้ในการอัดดินให้แน่นในขั้นพื้นฐานก่อนที่จะปรับดินให้เรียบต่อไป มีความสำคัญต่อการปรับพื้นดินและจะช่วยไม่ให้เกิดปัญหาพื้นยุบตัว การปรับพื้นดินที่ไม่ได้ถูกอัดแน่นด้วยเครื่องตบดินแบบกระโดด สิ่งที่จะเกิดขึ้นในอนาคตก็คือ จะทำให้เกิดการยุบตัว หรือเกิดการแตกร้าวของพื้นดินที่ได้ทำการก่อสร้าง ซึ่งเราจะพบเห็นอยู่บ่อย ๆ

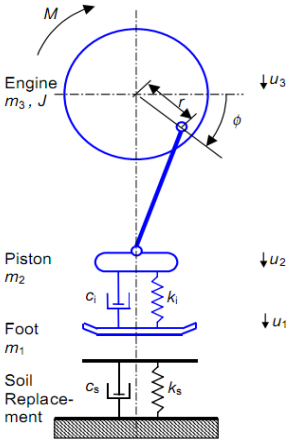
ภาพที่ 2-4 การบดอัดดินด้วยเครื่องตบดินแบบกระโดด
ที่มา: ไทยเพนตา-โอเชี่ยน (2559)

ซึ่งการบดอัดดินที่มีประสิทธิภาพต้องเลือกใช้ชนิดของเครื่องบดอันดินให้เหมาะสมกับชนิดของดินและความแข็งแรงที่ต้องการรวมทั้งการใช้พลังงานในการบดอัดน้อยที่สุดส่วนประกอบของเครื่องตบดินแบบกระโดด ลักษณะส่วนประกอบดังแสดงในภาพที่ 2-5 เป็นแบบแผ่นเรียบโดยพลังงานจากเครื่องยนต์ ใช้คนบังคับ 1 คน ทำงานโดย ความถี่ในการสั่นสะเทือน 5,600 rpm (รอบต่อนาที)



ภาพที่ 2-5 ส่วนประกอบของเครื่องตบดินแบบกระโดด (Jonsson, 2001)

เครื่องตบดินแบบกระโดดเริ่มทำงานด้วยข้อเหวี่ยงและก้านสูบจะผลักโครง (Frame) และลูกกระทุ้ง (Ram) ให้ห่างออกจากกัน เมื่อข้อเหวี่ยงรัศมี r จะได้: ระยะห่างระหว่างโครงกับลูกทุ้ง โดยมีความเร่งในการให้ความเร็วในการทำงานของเครื่องตบดิน โดยสามารถแสดงแรงที่หมุนในการทำงานได้ดังแสดงในภาพที่ 2-6



ภาพที่ 2-6 แรงที่เกิดขึ้นจากการหมุนข้อเหวี่ยงของเครื่องตบดินแบบกระโดด (Jonsson, 2001)

ความสั่นสะเทือน (Vibration)

ความสั่นสะเทือน (Vibration) คือ การเคลื่อนที่ที่เกิดจากพลังงานกล ทำให้วัตถุเคลื่อนที่โดยเคลื่อนไหวจากแกนกลางในลักษณะแนวดิ่งหรือแนวนอน (อนามัย เทศกะทึก, 2556)

การเคลื่อนไหวของวัตถุที่อาจจะเป็นก๊าซ ของเหลว ของแข็ง ในลักษณะที่เป็นคลื่น ซึ่งทางสุขศาสตร์อุตสาหกรรมนั้น วัตถุที่เคลื่อนไหวในลักษณะของของแข็ง เช่น เครื่องมือ เครื่องจักร และอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมก่อสร้าง (ก่อเกียรติ บุญชูกุศล, 2540) และจะแบ่งความสั่นสะเทือนในลักษณะของการก่อให้เกิดผลกระทบต่อผู้ปฏิบัติงาน องค์การระหว่างประเทศว่าด้วยมาตรฐาน (ISO) ได้กำหนดเป็นข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการทำงานกับความสั่นสะเทือน โดยพิจารณาจากองค์ประกอบที่สำคัญ 4 อย่าง คือ ความแรงของความสั่นสะเทือน ความถี่ของความสั่นสะเทือน ทิศทางของการสั่นสะเทือน และระยะเวลาที่ได้รับสัมผัส

ความสั่นสะเทือนสามารถแบ่งประเภทตามลักษณะของการเคลื่อนไหวได้เป็น 3 ประเภท คือ Harmonic and Periodic Vibration, Random Vibration และ Transient Vibration โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. Harmonic and periodic vibration เป็นความสั่นสะเทือนที่เกิดจากการเคลื่อนไหวของคลื่นแบบเดียวหรือหลายแบบ เกิดจากการซ้ำและสม่ำเสมอตัวเองอยู่ในช่วงเวลาหรือตลอดระยะเวลาเดียวกัน หรือเรียกลักษณะการเคลื่อนที่แบบนี้ว่าการเคลื่อนที่แบบคาบเดียวกัน เช่น การเคลื่อนที่ของรถบนถนนที่ราบเรียบ

2. Random vibration เป็นความสั่นสะเทือนไม่สม่ำเสมอหรือแรงที่กระทำต่อระบบไม่สามารถกำหนดขนาดเวลาใด ๆ ที่แน่นอนได้ เช่น การเคลื่อนที่ของรถบนถนนที่ไม่เรียบ

3. Transient vibration เป็นความสั่นสะเทือนในช่วงระยะเวลาสั้น ๆ และเป็นสาเหตุจาก Mechanical shock เช่น ความสั่นสะเทือนที่เกิดจากรถกระแทกขณะที่รถเคลื่อนผ่านหลุม

โดยทั่วไปจะแบ่งประเภทการสั่นสะเทือนออกเป็น 2 ชนิดหลัก คือ การสั่นสะเทือนแบบเสรี และ การสั่นสะเทือนแบบบังคับ โดยมีรายละเอียดดังนี้

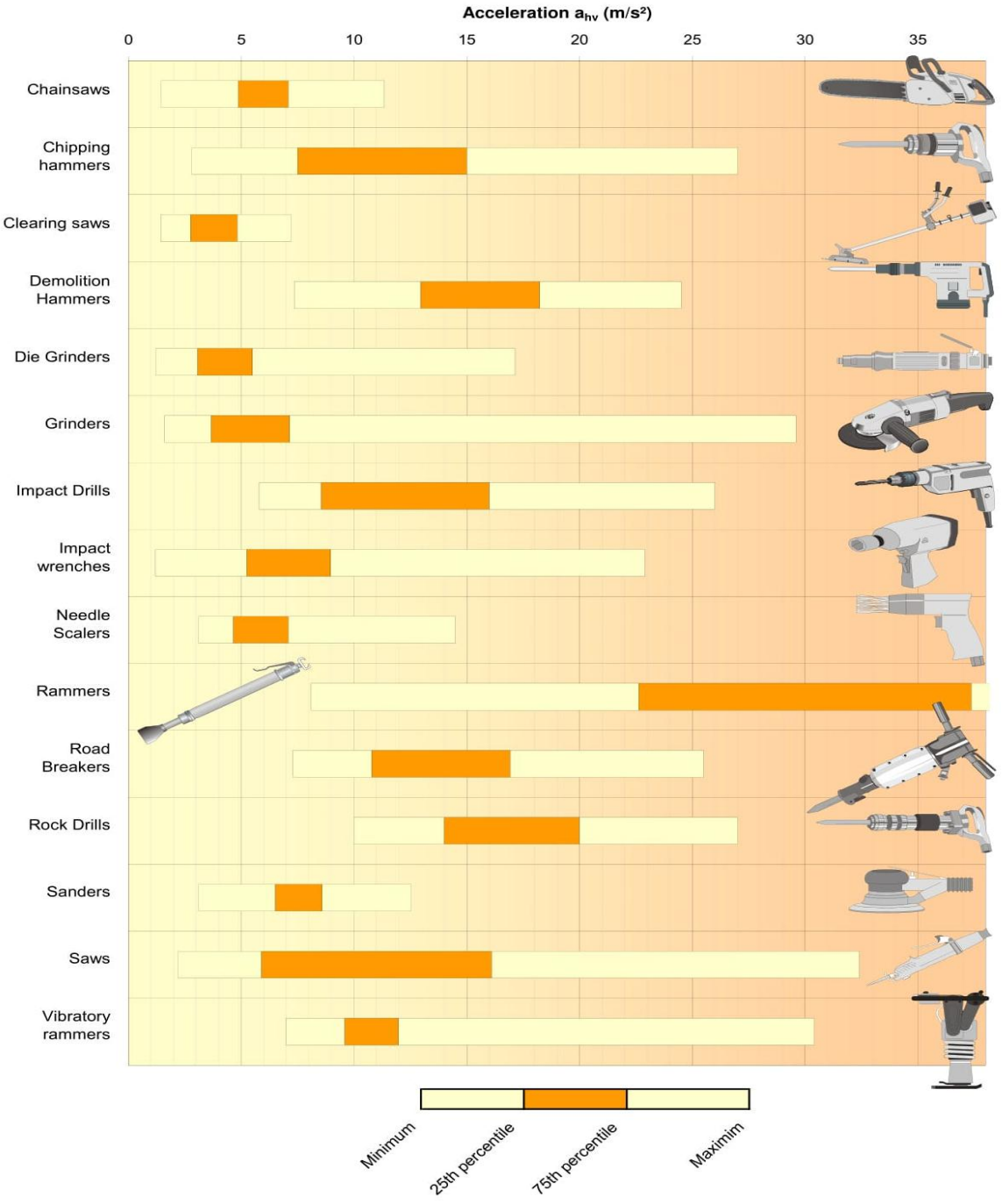
การสั่นสะเทือนแบบเสรี (Free vibration) เป็นการเคลื่อนที่ไปมาของระบบโดยไม่มีแรงกระทำที่ระบบ ความถี่ของการเคลื่อนที่ไปมา หรือ ความสั่นสะเทือนดังกล่าวจะเป็นความถี่ธรรมชาติ (Natural frequency) อาจมีความถี่เดี่ยวหรือหลายความถี่ขึ้นอยู่กับธรรมชาติของการสั่นสะเทือน

การสั่นสะเทือนแบบบังคับ (Forced vibration) คือการเคลื่อนที่ในขณะที่มีแรงภายนอกบังคับมากระทำที่ระบบ และทำให้ระบบเคลื่อนที่ไปมาเช่นเดียวกับแรงที่กระทำ ถ้าความถี่ของแรงที่กระทำมีค่าเท่ากับความถี่ธรรมชาติของระบบเรียกได้ว่าระบบอยู่ในสภาพการสั่นพ้อง (Resonance) จะมีการสั่นสะเทือนที่รุนแรงเป็นอันตรายต่อระบบอย่างมาก โดยการสั่นสะเทือนดังกล่าวสามารถวัดออกมาโดยใช้เครื่องมือที่เรียกว่า Vibration pickups ใช้วัดความสั่นสะเทือน (Vibration meter) มีการวัดความเร็วโดยเครื่องมือวัดความเร็ว (Velocity meter) มีการใช้เครื่องมือวัดความเร่ง (Accelerometer) (จิรายุทธ กิจกล้า, 2557)

จากศึกษาของ หน่วยงานบริหารด้านอาชีวอนามัยและความปลอดภัย (Health and Safety Executive, 2010) พบว่า เครื่องจักรที่ใช้ในอุตสาหกรรมก่อสร้างแต่ละประเภทมีค่าความสั่นสะเทือนที่แตกต่างกันออกไป ขึ้นอยู่กับชนิดของเครื่องมือ ความถี่ความสั่นสะเทือนที่ส่งผ่านมายังมือ ทิศทางและระยะเวลาที่รับสัมผัส อีกทั้งยังรวมไปถึงการสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล (Chaturvedi et al., 2015) เช่นเครื่องตบดินแบบกระโดด มีค่าความสั่นสะเทือนเฉลี่ยเท่ากับ 12 m/s^2 ดังแสดงในภาพที่ 2-7 ได้มีการกำหนดระยะเวลาในการสัมผัสในการทำงานกับเครื่องตบดินแบบกระโดดไว้ ประมาณ 20 นาทีต่อรอบการทำงาน ดังแสดงในตารางที่ 2-2

เมื่อทำการตรวจวัดค่าความสั่นสะเทือนที่มือและแขนจากเครื่องตบดินแบบกระโดด พบว่า มีค่าความเร่งความสั่นสะเทือนเฉลี่ยอยู่ที่ 7.153 m/s^2 ซึ่งแสดงให้เห็นว่า การทำงานกับ

เครื่องตบดินแบบกระโดดมีความสั่นสะเทือนที่ส่งต่อมายังผู้ปฏิบัติงานเป็นความสั่นสะเทือนเฉพาะส่วนมือและแขน



ภาพที่ 2-7 ค่าความสั่นสะเทือนเฉลี่ยของเครื่องมือชนิดต่าง ๆ ในงานก่อสร้าง

(Health and Safety Executive, 2010)

ตารางที่ 2-2 ระยะเวลาการสัมผัสความสั่นสะเทือนไม่ควรเกินค่ามาตรฐานกำหนดของเครื่องมือชนิดต่าง ๆ ในงานก่อสร้าง

Tool Type	**Upper quartile vibration magnitude (m/ s^2)**	**'Trigger time' to reach Action Value**
Chainsaws	7	1 h
Chipping hammers (metal-working, foundries)	15	< 15 min
Clearing saws	5	2 h
Demolition hammers	18	< 10 min
Die grinders	6	1 h 20 min
Angle grinders	7	1 h
Hammer drills/ combi hammers	16	< 15 min
Impact wrenches	9	40 min
Needle scalers	7	1 h
Rammers	38	< 3 min
Road breakers	17	10 min
Rock drills	20	< 10 min
Sanders (random orbital)	9	40 min
Saws	16	< 15 min
Vibratory rammers	12	20 min

ที่มา: Health and Safety Executive (2010)

ปัจจัยที่ก่อให้เกิดอันตรายจากความสั่นสะเทือน

ความสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นจากเครื่องจักรกล เครื่องมือ และอุปกรณ์ต่าง ๆ นั้น อาจจะเกิดขึ้นได้ทั้งจากแนวนอน และแนวดิ่ง แหล่งของความสั่นสะเทือนในงานก่อสร้าง เช่น รถแทรกเตอร์ รถบรรทุก เครื่องเจาะถนน เลื่อยไฟฟ้า เครื่องย้ำหมุด เครื่องเจาะ เครื่องตัด เครื่องบดอัดดิน เป็นต้น เครื่องมือเหล่านี้เป็นหนึ่งที่ส่งผ่านความสั่นสะเทือนมายังมือและแขน (Singh & Khan, 2014)

ปัจจัยทางพลังงานความสั่นสะเทือน ความเข้มของพลังงานความสั่นสะเทือน ที่ระดับความเข้มต่างกันจะทำให้เกิดอันตรายต่อร่างกายต่างกันไปด้วยระยะเวลาที่สัมผัสกับพลังงานความสั่นสะเทือน งานที่ต้องสัมผัสกับความสั่นสะเทือนเป็นเวลานานต่อเนื่องกัน จะมีอันตรายต่อสุขภาพอนามัยมากกว่าการสัมผัสกับความสั่นสะเทือนเพียงครั้งเดียว หรือช่วงสั้น ๆ ความถี่ของพลังงานและทิศทางของพลังงาน

ปัจจัยทางร่างกาย ความแข็งแรงของเนื้อเยื่อที่ยึดติดอวัยวะเป้าหมาย ท่าทางและกิจกรรมของร่างกาย เช่น การจับเครื่องมือแน่นเกินไป การงอนิ้วอย่างต่อเนื่องในขณะปฏิบัติงาน ลักษณะของกล้ามเนื้อ การปฏิบัติในสิ่งแวดล้อมที่มีการอากาศเย็นจัด การป่วยเป็นโรคที่มีผลต่อหลอดเลือด เช่นเบาหวาน หลอดเลือดอุดตันและอุปนิสัยในการสูบบุหรี่และดื่มสุราเรื้อรัง (อนามัย เทศกะทึก, 2556)

ปัจจัยทางด้านจิตใจ ความสั่นสะเทือนที่มีผลทางด้านจิตใจซึ่งมีผลต่อการรับรู้ ความรู้สึกเกิดความรู้สึกไม่สบาย รำคาญและหงุดหงิด ซึ่งความสั่นสะเทือนเพียงแค่เล็กน้อยก็ทำให้เกิดความรู้สึกรำคาญได้และส่งผลต่อประสิทธิภาพการทำงานของผู้ที่ปฏิบัติงาน ทำให้เกิดความรู้สึกเมื่อยล้า เบื่อหน่าย เป็นผลให้ประสิทธิภาพการทำงานลดลงและเสียสมาธิในการทำงาน (จิรายุทธ กิจกล้า, 2557)

ตารางที่ 2-3 แหล่งกำเนิดของความสั่นสะเทือนที่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพ

	ความสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย (Whole body vibration)	**ความสั่นสะเทือนเฉพาะ มือและแขน (Hand and arm vibration)**
อุตสาหกรรม	รถฟอร์คลิฟ	เครื่องเจียระไน เครื่องขัดโลหะ
การก่อสร้าง การกสิกรรม	รถแทรกเตอร์ รถบดดิน ปราบดิน เครน	เครื่องมือ เลื่อย เครื่องเจาะ เครื่องมือที่ใช้แรงอัด
การขนส่ง	รถบัส รถไฟ เฮลิคอปเตอร์ เรือยนต์ มอเตอร์ไซค์	ยานพาหนะ จักรยาน มอเตอร์ไซค์
เหมืองแร่	เครื่องเจาะหิน	-

ที่มา: อนามัย เทศกะทึก (2556)

ผลกระทบของความสั่นสะเทือนต่อร่างกาย

ความสั่นสะเทือนเกิดจากการเคลื่อนไหวของวัตถุ โดยอาจเป็นการสั่นสะเทือนทั่วร่างกาย หรือสั่นสะเทือนที่บริเวณมือ แขน และเท้า โดยความสั่นสะเทือนที่มีผลต่อร่างกายแบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ การสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย (Whole body vibration) และความสั่นสะเทือนเฉพาะที่มือและแขน (Hand arm vibration) (แอนน์ จิระพงษ์สุวรรณ, 2556) มีรายละเอียดดังนี้

1. ความสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย (Whole body vibration) เป็นความสั่นสะเทือนที่ส่งผ่านมายังทุกส่วนของร่างกาย มีผลทำให้เกิดอาการผิดปกติต่อระบบการทำงานของร่างกายหลายระบบ อันตรายจากความสั่นสะเทือนทั้งร่างกายเกิดจากพลังงานที่ถูกส่งมาจากพื้นหรือโครงสร้างของวัตถุในบริเวณที่ทำงานผ่านมายังอวัยวะทุก ๆ ส่วนของร่างกาย ส่วนมากความสั่นสะเทือนมักจะอยู่ที่ช่วง 0.1-20 Hz โดยที่ช่วงความถี่ที่มีผลต่อสุขภาพ อยู่ที่ 0.5-80 Hz และที่ช่วงความถี่ 0.1-0.5 Hz จะมีอาการคลื่นไส้ เวียนศีรษะความผิดปกติชั่วคราวของสายตา เกิดจากการรบกวนการทำงานของกล้ามเนื้อตา ทำให้มีอาการตาพร่า มองภาพไม่ชัด ความผิดปกติของระบบหมุนเวียนโลหิต เกิดจากการที่ความดันโลหิตและชีพจรสูงขึ้น และเลือดไปเลี้ยงสมองลดลงทำให้เกิดอาการมึนศีรษะ อันตรายต่อระบบการหายใจ ทำให้อัตราการหายใจเร็วขึ้น เกิดอาการ Hyperventilation เกิดการคั่งของ Oxygen ในกระแสเลือดและปริมาณ Carbondioxide ต่ำลง เป็นผลให้เกิดอาการตาพร่ามั่ว ชาปลายมือ ปลายเท้า ในช่วงความถี่สูงตั้งแต่ 10 ถึงมากกว่า 200 Hz มีผลทำให้กล้ามเนื้อมีความเครียดและเกร็งตัวมากขึ้น อาจทำให้เกิดความพิการของกระดูกสันหลังในกรณีที่รับความสั่นสะเทือนเป็นเวลานานจะเป็นอันตรายต่ออวัยวะภายใน ถ้าความถี่ของความสั่นสะเทือนตรงกับ Natural frequency ของอวัยวะภายใน จะเกิดปรากฏการณ์สั่นพ้อง (Resonance) ซึ่งจะทำให้อวัยวะภายในบวมช้ำและฉีกขาดได้ (อนามัย เทศกะทึก, 2556)

2. ความสั่นสะเทือนเฉพาะที่มือและแขน (Hand arm vibration) เป็นความสั่นสะเทือนที่ส่งผ่านมาเฉพาะที่ โดยมักจะเกิดขึ้นที่นิ้วมือและมือที่ต้องจับเครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่มีการสั่นสะเทือน เช่น เครื่องมือลม เลื่อยไฟฟ้า เครื่องเจาะ เครื่องเจียร เครื่องขัดผิว เป็นต้น ทำให้เกิดอาการผิดปกติของระบบหลอดเลือด ระบบประสาท การสั่นสะเทือนเป็นผลต่อความผิดปกติของระบบหลอดเลือดและกล้ามเนื้อ โดยความรุนแรงของอาการความผิดปกติเกิดตามความถี่ที่ได้รับสัมผัส โดยทั่วไปมักเกิดจากความสั่นสะเทือนที่ 25-150 Hz เป็นผลให้เส้นเลือดบริเวณนิ้วมือตีบตัว มักมีอาการชา เจ็บปวด นิ้วมือซีดขาวเพราะเลือดไม่ สามารถไปเลี้ยงถึงปลายนิ้วมือได้ ทำให้เกิดความผิดปกติของระบบไหลเวียนโลหิตมีผลทำให้นิ้วซีด เกิดความผิดปกติของประสาทรับความรู้สึกและประสาทควบคุมกล้ามเนื้อ มีอาการชา ไม่สามารถแยกจุดสัมผัสได้ เกิดความผิดปกติของระบบกล้ามเนื้อและโครงกระดูก ข้อต่ออักเสบ เกิดถุงน้ำบริเวณข้อต่อ (Zhafran & Mazlan,

2012) บางครั้งจึงเรียกเป็นนิ้วซีดขาวเนื่องจากความสั่นสะเทือน (Vibration white finger หรือ Dead man's hand) ในปัจจุบันนิยมเรียกว่า Hand Arm Vibration Syndrome (HAVS) หรือเกิดอาการผิดปกติ ดังต่อไปนี้

Carpal Tunnel Syndrome เป็นโรคที่เกิดจากการถูกกดที่เส้นประสาทบริเวณข้อมือ ทำให้มีอาการปวดชาที่ปลายมือ โดยทั่วไปสาเหตุมักเกิดจากการงอและกระตุกข้อมือซ้ำ ๆ กันเป็นเวลานาน แต่จากการทดลองในสัตว์ทดลองพบว่า ความสั่นสะเทือนทำให้เกิดอาการบวมของเส้นประสาทซึ่งอาจเป็นสาเหตุของการกดทับเส้นประสาทที่ร่องข้อมือ (พนมกร ดิษฐ์สุวรรณ์, 2555)

โรคประสาทหูเสื่อม การรับสัมผัสความสั่นสะเทือนทำให้เกิดการหดตัวของกล้ามเนื้อของเส้นเลือดที่ไปเลี้ยงหูชั้นใน การได้ยินลดลง หรือมีปัญหาในการได้ยิน อาการที่พบบ่อยที่สุดคือฟังไม่ชัด (สำนักโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม, 2557)

จากการศึกษาของ เสริมศักดิ์ อักขราสา (2543) พบว่า เครื่องตบดินมีความถี่ 5,600 ครั้งต่อนาทีหรือความถี่ 93.3 Hz ซึ่งผลของการสัมผัสความสั่นสะเทือนที่ความถี่ 10-200 Hz นี้มีผลกระทบต่อระบบประสาท ทำให้กล้ามเนื้อของร่างกายเกิดการหดเกร็งตัวมากขึ้นได้ (อุมารินทร์ เตมีย์, 2552) เกิดความผิดปกติของระบบกล้ามเนื้อและโครงกระดูก ข้อต่ออักเสบ เกิดถุงน้ำบริเวณข้อต่อ (Zhafran & Mazlan, 2012) โดยอาการดังที่กล่าวหากมีการสัมผัสเป็นเวลาไม่มีการควบคุมดูแลหรือขาดความตระหนักอาจส่งผลต่อโรคนิ้วซีดขาวและโรคอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องได้

จากการศึกษาของหน่วยงานบริหารด้านอาชีวอนามัยและความปลอดภัย (Health and Safety Executive, 2010)ได้ทำการสำรวจค่าความสั่นสะเทือนของเครื่องมือต่าง ๆ ที่ใช้ในงานก่อสร้าง เช่น เลื่อยมอเตอร์มีค่าความเร่งเฉลี่ยอยู่ที่ 7 m/s^2 เครื่องขัด มีค่าความเร่งเฉลี่ยอยู่ที่ 9 m/s^2 สว่าน มีค่าความเร่งเฉลี่ยอยู่ที่ 20 m/s^2 เครื่องเจียร์มีค่าความเร่งเฉลี่ยอยู่ที่ 6 m/s^2 และ เครื่องตบดินแบบกระโดดมีค่าความเร่งเฉลี่ยอยู่ที่ 12 m/s^2 ซึ่งค่าความสั่นสะเทือนดังกล่าวเกินค่าแนะนำของ International Standard 5349-1 ปี 2001 ที่กำหนดค่าความสั่นสะเทือนที่ต้องดำเนินการสำหรับแรงสั่นสะเทือนที่มือและแขนที่ส่งผลกระทบต่อร่างกาย มาตรฐานกำหนดการรับสัมผัส 8 ชั่วโมงรับสัมผัสเกินกว่า 5.0 m/s^2 ต้องดำเนินการกำหนดขีดจำกัดการสัมผัส หมุนเวียนพนักงานหรือหาวิธีการในการลดความสั่นสะเทือนที่มือ และเมื่อมีการสัมผัสไม่เกิน 2.5 m/s^2 ต้องมีการเฝ้าระวังบันทึกการประเมินความเสี่ยงและแจ้งข้อมูลความเสี่ยงแก่พนักงาน (ISO 5349, 2011) Efstratiou et al., 2007)

จากการตรวจวัดค่าความสั่นสะเทือนที่มือและแขนจากเครื่องตบดินแบบกระโดด พบว่าค่าความเร่งความสั่นสะเทือนเฉลี่ยเมื่อนำมาทำการเทียบกับค่ามาตรฐาน ISO (ISO 5349-1, 2011) พบว่า มีค่าความเร่งเฉลี่ย 7.153 m/ s^2 ซึ่งเกินค่ามาตรฐานความสั่นสะเทือนที่มือและแขน ตาม ISO 5349-1 กำหนดการสัมผัส 8 ชั่วโมง สำหรับระดับที่ต้องดำเนินการ (Daily exposure action value) 2.5 m/ s^2 ต้องมีการเฝ้าระวัง และระดับขีดจำกัด (Daily exposure limit value) 5.0 m/ s^2 อาจจะส่งผลต่อสุขภาพนำไปสู่ความผิดปกติของระบบประสาทและระบบการไหลเวียนของหลอดเลือดได้ (Hao et al., 2011)

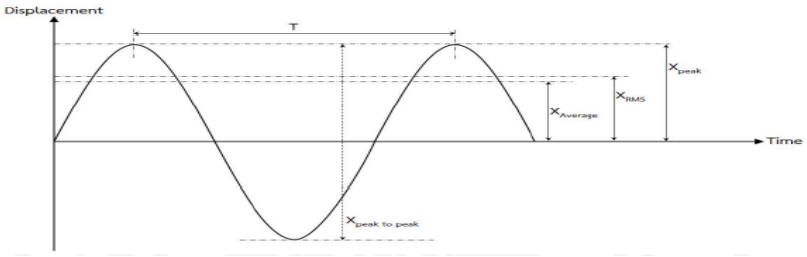
เมื่อพิจารณาความถี่จากการสำรวจข้อมูลเบื้องต้น พบว่า ในแกน Z คือแนวขนานกับมือมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าแกน X แนวบนล่าง และแกน Yแนวซ้ายขวา ช่วงความถี่สูงสุดอยู่ในช่วง 8-100 Hz โดยช่วงความถี่ที่อาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพอยู่ที่ 6.3-1250 Hz. (ISO 5349, 2011)

การประเมินความสั่นสะเทือน

การประเมินความสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นดังที่ได้กล่าวมาแล้ว ความสั่นสะเทือนที่พนักงานได้รับนั้นเป็นการส่งผ่านความสั่นสะเทือนมายังบริเวณมือและแขนเมื่อมีการสัมผัสที่ด้ามจับของเครื่องตบดิน อาจจะได้รับอย่างต่อเนื่องหรือเป็นช่วง ๆ ก็ตาม ยังเป็นผลต่อระบบประสาท กล้ามเนื้อ กระดูก ข้อต่อและหลอดเลือด ในการประเมินความสั่นสะเทือนที่มือและแขนนั้นจะประเมินจากปัจจัยต่าง ๆ คือระดับความสั่นสะเทือน ความถี่ที่เกิดจากเครื่องมือและระยะเวลาที่รับสัมผัส โดยในการศึกษาในครั้งนี้ได้ดำเนินการประเมินมาตรฐาน ISO (ISO 5349-2, 2011) ทำการประเมินความสั่นสะเทือนที่พนักงานได้รับ 8 ชั่วโมงการทำงาน ซึ่งต้องมีการคำนวณปรับเทียบความถี่ตามค่าแต่ละความถี่ที่ช่วง 6.3-1250 Hz เนื่องจากแต่ละส่วนของร่างกายนั้นมีความไวในการรับความสั่นสะเทือนในแต่ละความถี่ไม่เท่ากัน (ISO 5349, 2011)

ในการบอกขนาดของสัญญาณความสั่นสะเทือนในลักษณะการบอกขนาดโดยรวม ที่นิยมใช้กันมีดังต่อไปนี้

1. Peak velue หรือ ระดับยอดสูงสุด เป็นการบอกค่าสูงสุดของสัญญาณ
2. Average value หรือ ค่าเฉลี่ย เป็นค่าที่เกิดขึ้นในระยะเวลาสั้น ๆ
3. Root Mean Square value (RMS) เป็นค่ายกกำลังสองของค่าที่ได้จากสัญญาณที่ณ ช่วงเวลาหนึ่ง ๆ (อุมารินทร์ เตมีย์ , 2552)



ภาพที่ 2-8 ขนาดของแรงสั่นสะเทือน (Average value, Peak velue) (จิรายุทธ กิจเกล้า, 2557)

โดยมีชนิดของสัญญาณแรงสั่นสะเทือน ตามสัญญาณที่วัดได้ มีพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้อง

1. ความถี่ หมายถึง จำนวนรอบของการสั่นสะเทือนต่อหน่วยเวลา แสดงอยู่ในรูปรอบต่อวินาที (Cycle per second, Hz), รอบต่อนาที (Cycle per minute, CPM) ในกรณีที่ต้องการแสดงถึงความเร็วของเครื่องจักรจะแสดงในรูป รอบต่อนาที (Revolution per minute, RPM)

2. ขนาดของความสั่นสะเทือน ใช้บอกสภาพของเครื่องจักรเช่นกัน คือถ้ามีขนาดของแรงสั่นสะเทือนใหญ่ หมายถึงเครื่องจักรเริ่มมีปัญหา โดยมีพารามิเตอร์ที่นิยมดังนี้

2.1 Displacement หรือการขจัด คือ ระยะการเคลื่อนที่ของมวลจากจุดสมดุล

2.2 Velocity หรือ ความเร็วของแรงสั่นสะเทือน คือ ความเร็วของการเคลื่อนที่กลับไปกลับมาของมวล

2.3 Acceleration หรือ ความเร่งของแรงสั่นสะเทือน คือ อัตราการเปลี่ยนแปลงความเร็วของมวลในขณะที่เคลื่อนที่กลับไปกลับมา

2.4 มุมเฟส หมายถึง ค่าความแตกต่างของตำแหน่งที่มีการสั่นสะเทือน เทียบกับตำแหน่งการสั่นสะเทือนอ้างอิง จะใช้ในการตรวจการสั่นสะเทือนของเครื่องจักร มีหน่วยเป็นองศา (ศุภัทธนันท์ รักพงษ์, 2558)

3. เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บและวิเคราะห์ระดับความสั่นสะเทือนเครื่องวัดความสั่นสะเทือน (Vibration Meter) มีส่วนประกอบหลัก ๆ อยู่ 4 ส่วน คือ

3.1 ตัวรับสัญญาณ ซึ่งสามารถวัดได้ทั้งการเคลื่อนที่ ความเร็ว และความเร่ง แต่ที่นิยมใช้คือความเร่ง ภายในตัวรับสัญญาณจะบรรจุ Piezoeletric Element ซึ่งมีลักษณะเป็นผลึกแร่อัดแน่นอยู่ จะเกิดประจุไฟฟ้าเมื่อมีความสั่นสะเทือนเกิดขึ้น

3.2 เครื่องขยายสัญญาณ (Amplifier) มีหน้าที่ขยายสัญญาณไฟฟ้าที่ได้รับจากตัวรับสัญญาณ

3.3 เครื่องวิเคราะห์ความสั่นสะเทือน (Analyzer) จะทำการตรวจวิเคราะห์สัญญาณไฟฟ้าที่ได้รับการขยายสัญญาณแล้วออกมาเป็นค่าต่าง ๆ

3.4 เครื่องบันทึกความสั่นสะเทือน (Vibration recorder) จะทำการบันทึกและแปลผลการตรวจวัด ซึ่งอาจจะแสดงเป็นตัวเลขหรือเป็นเข็มชี้บนหน้าปัทม์

4. การสอบเทียบเครื่องมือวิเคราะห์ระดับความสั่นสะเทือน

ในการสอบเทียบเครื่องมือและอุปกรณ์เกี่ยวกับความสั่นสะเทือนจะทำการปรับความถูกต้องตามมาตรฐานปฐมภูมิด้วย Laser Interferometer ที่จะทำการสอบเทียบหัววัดความเร่ง (Accelerometer) ที่ช่วงความถี่ 50-50,000 Hz

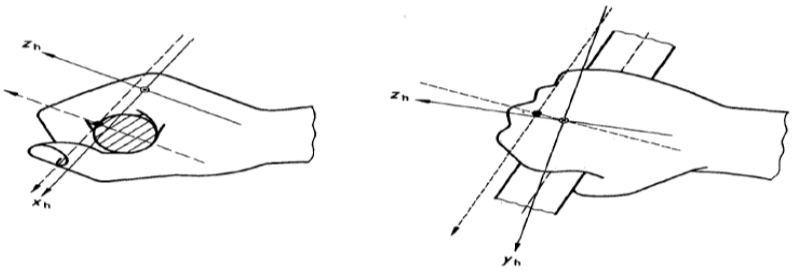
5. การตรวจวัดและประเมินความสั่นสะเทือนที่มือและแขน

ในการศึกษาในครั้งนี้ดำเนิน ตามมาตรฐาน ISO 5349-2 ในการติดตั้งหัววัดความเร่งเพื่อวัดระดับของความสั่นสะเทือนจากการทำงานโดยใช้มือในการจับอุปกรณ์ ทำการติดตั้งที่บริเวณที่มือจับ ขึ้นอยู่กับวัตถุที่จับ นิยมวัดบริเวณตำแหน่งที่มือจับอุปกรณ์ เนื่องจากเป็นตัวแทนที่ตรงกว่าการรับสัมผัสแรงสั่นสะเทือนที่มือและแขน โดยมีลำดับการติดตั้งหัววัด ดังนี้

5.1 พิจารณาตำแหน่งที่จะทำการวัดความสั่นสะเทือนที่มือ

5.2 พิจารณาทิศทางของความสั่นสะเทือนในแนวแกน x, y และ z ทั้งสามแกนนี้ต้องตั้งฉากกันและกัน ซึ่งทำการวัดที่ตำแหน่งกึ่งกลาง เนื่องจากเครื่องมือมีลักษณะเป็นทรงกระบวก

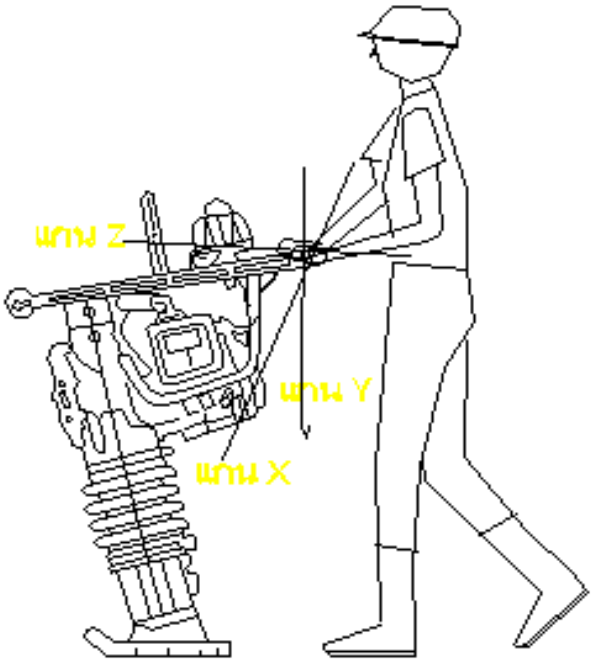
5.4 ดำเนินการติดตั้งหัววัดตามตำแหน่งที่ด้ามจับของเครื่องมือโดยให้เป็นไปตามมาตรฐานแนะนำ ดังแสดงในภาพที่ 2-9 และทิศทางการติดตั้งในเครื่องตบดินแบบกระโดด ดังแสดงในภาพที่ 2-10 ทำการประเมินค่าความสั่นสะเทือนเป็นเวลาอย่างน้อย 1 นาที



———— แนวแกนเคลื่อนที่ของมือ

---------- แนวแกนกึ่งกลาง

ภาพที่ 2-9 ลักษณะทิศทางการจับทรงกระบอก (ISO-5349, 2011)



ภาพที่ 2-10 ทิศทางการติดตั้งในเครื่องตบดินแบบกระโดด
ที่มา: ไทยเพนตา-โอเชี่ยน (2559)

5.5 การประเมินผลความสั่นสะเทือน สามารถคำนวณค่าความสั่นสะเทือนที่ปรับค่าถ่วงน้ำหนักแต่ละแนวแกน ตามตารางที่ 2-4 (ความถี่ 6.3-1250 Hz)

ซึ่งคำนวณหาค่าความเร่งตาม สมการที่ (1)

$$a_{hw} = \sqrt{\sum_i (W_{hi} a_{hi})^2} \qquad \text{.....(1)}$$

เมื่อ a_{hw} เป็นความเร่งของรากที่สองที่ปรับค่าความถี่ (ถ่วงน้ำหนัก) มีหน่วยเป็น m/s^2

W_{hi} เป็นค่าแฟกเตอร์ถ่วงน้ำหนักของความถี่ในช่วงนั้น ๆ

a_{hi} เป็นความเร่งของรากที่สองของค่าเฉลี่ยยกกำลังสอง ของความถี่ช่วงนั้น ๆ มีหน่วยเป็น เมตรต่อวินาที^{2}

เนื่องจากเครื่องตบดินมีการเกิดความสั่นสะเทือนจากทิศทางหลาย ๆ แกน จึงต้องทำการวัดความสั่นสะเทือนในทุกแกนและปรับค่าความสั่นสะเทือนที่ถ่วงน้ำหนักตามความถี่ 6.3-1250 Hz เมื่อได้ค่าระดับความสั่นสะเทือนทั้งสามแกนแล้วให้มาคำนวณรวมดังสมการที่ (2)

$$a_{hv} = \sqrt{a_{hwx}^2 + a_{hwy}^2 + a_{hwz}^2} \qquad \text{.....(2)}$$

เมื่อ a_{hv} เป็นค่าความสั่นสะเทือนรวม (ความเร่ง)

$a_{hwx}, a_{hwy}, a_{hwz}$ เป็นค่าความสั่นสะเทือนตามแนวแกน x, y และ z

แล้วนำค่าที่ได้มาทำการเปรียบเทียบกับระยะเวลาในการทำงาน 8 ชั่วโมง ซึ่งสามารถคำนวณหาความสั่นสะเทือนที่ผู้ปฏิบัติงานได้รับใน 8 ชั่วโมง $A(8)$ ได้ ดังต่อไปนี้

$$A(8) = a_{hv}\sqrt{\frac{T}{T_0}} \qquad \text{.....(3)}$$

เมื่อ $A(8)$ เป็นค่าความสั่นสะเทือนที่ผู้ปฏิบัติงานได้รับในหนึ่งวัน(8ชั่วโมง)

T เป็นระยะเวลาที่ได้รับความสั่นสะเทือนในขณะทำงาน

T_0 เป็นเวลาทำงานอ้างอิง ที่ 8 ชั่วโมง

ตารางที่ 2-4 ค่าแฟกเตอร์การปรับค่าความถี่ (ความถี่ถ่วงน้ำหนัก)

กึ่งกลางความถี่ (เฮิรตซ์) Nominal mid frequency (Hz)	**แฟกเตอร์ Weighted factor (W_{hi})**	**กึ่งกลางความถี่ (เฮิรตซ์) Nominal mid frequency (Hz)**	**แฟกเตอร์ Weighted factor (W_{hi})**
4	0.357	100	0.160
5	0.545	125	0.127
6.3	0.727	160	0.101
8	0.873	200	0.0799

ตารางที่ 2-4 (ต่อ)

กึ่งกลางความถี่ (เฮิรตซ์) Nominal mid frequency (Hz)	แฟกเตอร์ Weighted factor (W_{hi})	กึ่งกลางความถี่ (เฮิรตซ์) Nominal mid frequency (Hz)	แฟกเตอร์ Weighted factor (W_{hi})
10	0.951	250	0.0634
12.5	0.958	315	0.0503
16	0.896	400	0.0398
20	0.782	500	0.0314
25	0.647	630	0.0245
31.5	0.519	800	0.0186
40	0.411	1000	0.0135
50	0.324	1250	0.00894
63	0.256	1600	0.00536
80	0.202	2000	0.00295

ทำการเปรียบเทียบค่าแนะนำของต่างประเทศเพื่อเป็นแนวทางหรือมาตรการควบคุมที่เหมาะสมกับพนักงาน โดยทำการวัดความสั่นสะเทือนที่มือและแขนและนำค่าที่คำนวณได้นี้ไปเปรียบเทียบกับมาตรฐานดังต่อไปนี้ ค่ามาตรฐานความสั่นสะเทือนที่มือและแขน ตาม ISO 5349-1 กำหนดการสัมผัส 8 ชั่วโมง สำหรับระดับที่ต้องดำเนินการ (Daily exposure action value) 2.5 m/ s^2 ต้องมีการเฝ้าระวัง บันทึกการประเมินความเสี่ยงและแจ้งข้อมูลความเสี่ยงแก่พนักงาน และระดับขีดจำกัด (Daily exposure limit value) 5.0 m/ s^2 ต้องดำเนินการกำหนดขีดจำกัดการสัมผัส หมุนเวียนพนักงานหรือหาวิธีการในการลดความสั่นสะเทือนที่มือ (Efstratiou et al., 2007)

การประเมินอาการผิดปกติ

ในการประเมินอาการผิดปกติของโครงร่างและกล้ามเนื้อส่วนใหญ่นิยมใช้แบบสอบถามหรือแบบสัมภาษณ์มาตรฐานนอร์ดิค (Standardized Nordic Questionnaire, SNQ) เป็นการวิเคราะห์อาการเจ็บป่วยระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อที่เกิดจากการทำงานที่มีการรับสัมผัสความสั่นสะเทือน เมื่อมีการรับสัมผัสความสั่นสะเทือน อาจเกิดความรู้สึกไม่สุขสบายเมื่อมีการรับสัมผัสความ

สั่นสะเทือน มีอาการชามือ ปวดตามข้อมือ กล้ามเนื้อมืออ่อนแรงและมีอาการปวดบริเวณมือและแขนจนถึงบริเวณไหล่ หรือมีความผิดปกติของระบบประสาทและการทำงานของระบบกล้ามเนื้อและกระดูก ทำให้ข้อต่อ ข้อมือ อักเสบ (สุวินันท์ ทวีพิริยะจินดา, 2558) ซึ่งประเด็นการสอบถามจะเน้นที่อาการเจ็บป่วยที่เกิดขึ้นบ่อยในช่วง 7 วันเป็นการประเมินในระยะเฉียบพลัน จากแผนภาพร่างกาย 9 สัดส่วน ได้แก่ คอ ไหล่ ข้อศอก มือ/ ข้อมือ หลังส่วนบน หลังส่วนล่าง สะโพก/ ต้นขา เข่า และข้อเท้า/ เท้า ซึ่งในการวิจัยนี้ประยุกต์เพียง 3 สัดส่วน ได้แก่ ไหล่/ บ่า มือและข้อมือ และข้อศอก จากการประยุกต์ใช้แบบสอบถามนอร์ดิคในแรงงานที่ใช้มือ ส่วนใหญ่มีความชุกสูงบริเวณเดียวกันคืออาการปวดที่รบกวนการทำงานพบสูงสุดที่ข้อมือ (วิวัฒน์ สังฆะบุตร, 2556) ในงานลักษณะงานก่อสร้างที่ทำให้การบาดเจ็บที่มือ เช่น งานฉาบผนัง งานทาสี งานผสมปูน (พรศิริ จงกล, 2557) และในสถานประกอบการประกอบเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ (สมทัศน์ พัลลภดิษฐ์สกุล, 2554) ด้วยเช่นกัน

จากการการศึกษาอาการผิดปกติกับพนักงานที่มีการปฏิบัติงานกับเครื่องตบกระโดด จำนวน 10 คน พบว่า พนักงานมีอาการชา อาการปวด และอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรงที่บริเวณมือและข้อมือ ไหล่ และข้อศอก เนื่องจากต้องออกแรงบริเวณดังกล่าวในการบังคับเครื่องตบ ซึ่งในการทำงานกับเครื่องจักรนั้นมีความถี่และการสัมผัสเครื่องที่แตกต่างกัน บ้างลักษณะงานมีอาการมึนงงร่วมด้วย เมื่อมีการสัมผัสอย่างต่อเนื่อง 5-10 นาที (Gaidhane et al., 2012) โดยอาการเหล่านี้อาจเป็นผลมาจากการงอของนิ้วและการออกแรงในการควบคุมเครื่องมือที่สั่นสะเทือนเป็นเวลานาน (Bovenzi et al., 1991)

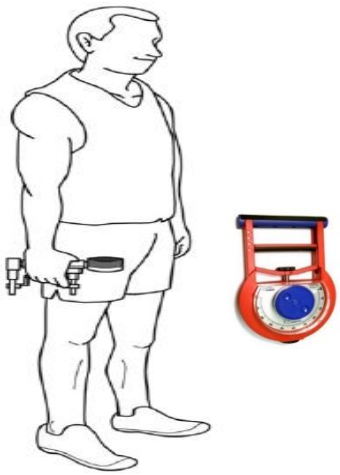
ในการประเมินอาการผิดปกตินั้นได้ประยุกต์ใช้แบบสอบถามจาก Kuorinka et al. (1987) และ ศศิวิมล บุตรสีเขียว (2555) มีทั้งหมด 9 คำถาม เช่น อาการปวด อาการชา และกล้ามเนื้ออ่อนแรง โดยกำหนดเกณฑ์การให้คะแนน โดยใช้ Visual Analog scale (VAS) ซึ่งแบ่งเป็น 10 คะแนน ตั้งแต่ 0 คือ ไม่มีอาการปวด จนถึง 10 คือ ปวดมากที่สุด ดังนี้ (Inchingolo et al., 2011) การแปลผลออกเป็น 5 ระดับ ดังนี้ ไม่มีอาการ มีอาการน้อย มีอาการปานกลาง มีอาการมาก และมีอาการรุนแรง

การประเมินแรงบีบมือ

ในการประเมินความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (Muscular strength) ที่ความสามารถออกบีบวัตถุที่วัด ด้วยเครื่องมือวัดแรง เช่น Hand grip dynamometer เพื่อให้ทราบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อสามารถนำไปใช้เพื่อการส่งเสริมและพัฒนาความสามารถความแข็งแรงและสุขภาพ สำหรับผู้ที่มีแนวโน้มของการบาดเจ็บของระบบกระดูกและกล้ามเนื้อส่วนมือและแขน หรือมีความล้าจากการทำงานจะมีค่าแรงบีบมือลดลงจากภาวะปกติ ซึ่งในการทำงานกับความสั่นสะเทือนยังมี

ผลต่อแรงบีบมือลดลง หลังจากที่มีการสัมผัสแรงสั่นสะเทือน (ศศิวิมล บุตรสีเขียว, 2555) เมื่อทำการทดสอบแรงบีบมือ พบว่า พนักงานที่สัมผัสกับความสั่นสะเทือนเป็นเวลานานอย่างสม่ำเสมอ มีค่าของการทดสอบแรงบีบมือลดลง (Necking et al., 2002) โดยในการทดสอบ วัดแรงบีบของมือ มีรูปแบบการอ่านผลด้วยเข็ม แสดงค่าตั้งแต่ 0-100 กิโลกรัม ได้แสดงวิธีการทดสอบ ดังนี้

1. ปรับขนาดความกว้างของด้ามจับและตำแหน่งการจับให้สบาย โดยใช้มือข้ามที่ถนัด
2. ผู้ทดสอบปล่อยแขนตามสบาย มือกำที่จับของเครื่องทดสอบ ห้ามให้แบบกับลำตัว
3. ผู้ทดสอบออกแรงกำให้มากที่สุด โดยไม่ออกแรงกระชากหรือกระตุก ทำการทดสอบ 2 ครั้งในแต่ละมือ
4. บันทึกข้อมูลการทดสอบค่าแรงบีบมือที่ค่าสูงสุด มีหน่วยเป็นกิโลกรัม
5. นำผลที่ได้มาหารด้วยนำหนักตัวของผู้ทดสอบ
6. นำผลเทียบกับค่ามาตรฐาน เพื่อพิจารณาค่าและเกณฑ์มาตรฐานแรงบีบมือต่อน้ำหนักตัว (กก./ นน.ตัว)ของชายไทย และ แปลผล เพื่อหาว่าผู้รับการทดสอบมีระดับความสามารถในการออกแรงบีบมืออยู่ในระดับใด (ฝ่ายวิทยาศาสตร์การกีฬา, 2543)



ภาพที่ 2-11 ท่าทางการวัดแรงบีบมือ (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2556)

ตารางที่ 2-5 ค่ามาตรฐานแรงบีบมือต่อน้ำหนักตัว (กก./ นน.) ของคนไทย และการแปลผล

เพศชาย						
ระดับสมรรถภาพ	**อายุ (ปี)**					
	17-19	20-29	30-39	40-49	50-59	60-72
ดีมาก	$\geq$ 0.86	$\geq$ 0.84	$\geq$ 0.81	$\geq$ 0.77	$\geq$ 0.72	$\geq$ 0.65
ดี	0.80-0.85	0.79-0.83	0.76-0.80	0.72-0.76	0.67-0.71	0.60-0.64
	17-19	20-29	30-39	40-49	50-59	60-72
ปานกลาง	0.67-0.79	0.68-0.78	0.65-0.75	0.61-0.71	0.56-0.66	0.49-0.59
ต่ำ	0.61-0.66	0.63-0.67	0.60-0.64	0.54-0.60	0.51-0.55	0.44-0.48
ต่ำมาก	$\leq$ 0.60	$\leq$ 0.62	$\leq$ 0.59	$\leq$ 0.55	$\leq$ 0.50	$\leq$ 0.43

ที่มา: ฝ่ายวิทยาศาสตร์การกีฬา การกีฬาแห่งประเทศไทย (2543)

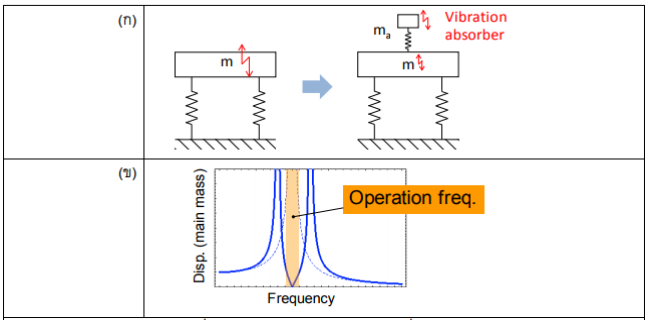
สำหรับค่าระดับแรงบีบมือที่ใช้ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้แบ่งออกเป็น 5 ระดับ คือ ดีมาก ดี ปานกลาง ต่ำ และต่ำมาก โดยให้ความหมายในแต่ละเกณฑ์ดังนี้

1. ดีมาก หมายถึง พนักงานมีแรงบีบมืออยู่ในระดับดีมาก
2. ดี หมายถึง พนักงานมีแรงบีบมือและแขนอยู่ในระดับดี
3. ปานกลาง หมายถึง พนักงานมีแรงบีบมืออยู่ในระดับปานกลาง
4. ต่ำ หมายถึง พนักงานแรงบีบมืออยู่ในระดับต่ำ
5. ต่ำมาก หมายถึง พนักงานแรงบีบมืออยู่ในระดับต่ำมาก

นอกจาก การทดสอบแรงบีบมือจะสามารถประยุกต์ใช้เพื่อพิจารณาการเฝ้าระวังปัญหาต่อการบาดเจ็บของระบบกระดูกและกล้ามเนื้อที่เกี่ยวกับการออกแรงบีบมือ ยังสามารถนำมาประยุกต์ใช้เพื่อการหาขนาดด้ามหรือมือจับที่เหมาะสมของเครื่องมือที่ต้องใช้แรงในลักษณะ จับ การกำ การบีบ จึงสามารถใช้เป็นข้อมูลเพื่อพิจารณาในการเลือกเครื่องมือที่ต้องใช้แรง จับ บีบ และกำ

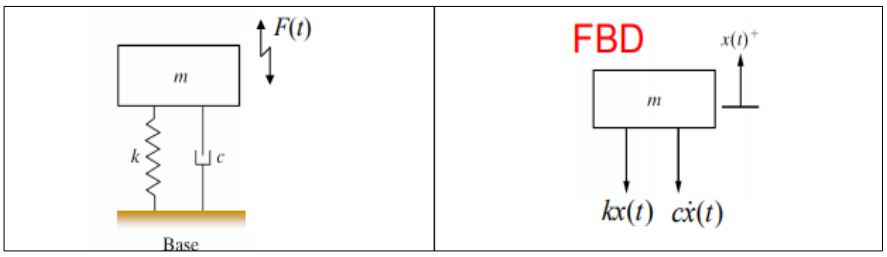
การควบคุมความสั่นสะเทือน

ในการควบคุมความสั่นสะเทือนจากเครื่องตบดินแบบกระโดดนั้น ต้องพิจารณากลไกการทำงานของเครื่องร่วมด้วย เมื่อเครื่องจักรทำงานจะเกิดความสั่นสะเทือนขึ้น จากความสั่นสั่นสะเทือนจะส่งผ่านโครงสร้างและระบบรองรับของเครื่องจักรไปยังพื้นและส่งผ่านไปยังอุปกรณ์อื่น ๆ ที่อยู่ใกล้เคียงต่อไป ดังนั้นการออกแบบระบบรองรับในทางวิศวกรรม เพื่อให้การส่งผ่านการสั่นสะเทือนไปยังส่วนอื่น ๆ การควบคุมความสั่นทำโดยติดตั้งตัวดูดซับความสั่นสะเทือน การใช้หลักการนี้จะเหมาะกับระบบที่ความถี่ การทำงานไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก เนื่องจากช่วงที่ตัวดูดซับความสั่นสะเทือนใช้งานได้ไม่กว้างนัก การเปลี่ยนความเร็วรอบการทำงานมาก ๆ อาจทำให้ช่วงทำงานไปตรงกับความถี่ธรรมชาติของระบบใหม่ได้ ดังแสดงในภาพที่ 2-12



ภาพที่ 2-12 หลักการของการดูดซับการสั่นสะเทือน (จิรายุทธ กิจกล้า, 2557)

ด้วยเครื่องตบดินแบบกระโดด มีการส่งผ่านความสั่นสะเทือนจากเครื่องจักรไปยังพื้น หรือเรียกว่า Force transmissibility แสดงให้เห็นถึงอัตราส่วนของแรงส่งผ่านต่อแรงกระตุ้นที่ความถี่ต่าง ๆ อย่างไรก็ตามตัวหน่วงความสั่นสะเทือนยังมีความจำเป็นอยู่เพื่อลดการสั่นสะเทือนที่ Resonance หรืออาจเกิด Shock Isolator คือแรงกระทำในช่วงเวลาสั้น ๆ เนื่องจากแรงกระแทกมักมีขนาดมาก หากไม่มีการออกแบบเพื่อรองรับแรงกระแทกแล้ว พลังงานจากการกระแทกจะส่งถ่ายไปยังเครื่องจักร ซึ่งผลของการกระแทกจะน้อยเมื่อความถี่ธรรมชาติของระบบต้องมีค่าน้อย ดังแสดงในภาพที่ 2-13



ภาพที่ 2-13 แบบจำลองความการสั่นสะเทือนที่กระทำกับพื้น และ FBD (จิรายุทธ กิจกล้า, 2557)

ในด้านสุขศาสตร์อุตสาหกรรมนั้นมีแนวทางในการควบคุมป้องกันการสัมผัสความสั่นสะเทือนที่เกิดจากเครื่องมือในการทำงาน โดยในทางสุขศาสตร์อุตสาหกรรมแบ่งหลักในการควบคุมป้องกันความสั่นสะเทือนออกเป็น 3 วิธี คือ การควบคุมที่แหล่งกำเนิดความสั่นสะเทือน ควบคุมที่ทางผ่านและในลำดับสุดท้ายคือการควบคุมที่ตัวบุคคล ซึ่งอาจมีการใช้วัสดุที่เหมาะสมหรือเทคนิคในการออกแบบที่เหมาะสม ป้องกันไม่ให้พนักงานได้รับสัมผัสความสั่นสะเทือนที่ผ่านยังผู้ปฏิบัติงาน จากการศึกษาของ อุมารินทร์ เตมีย์ พบว่า แผ่นสายพานลำเลียงและแผ่นวาล์วยางมีประสิทธิภาพในการลดความสั่นสะเทือนกับเครื่องทอผ้าได้ดีถึงร้อยละ 24.45 และ ร้อยละ 51.18 และมีการใช้วัสดุป้องกันและดูดซับความสั่นสะเทือนหุ้มที่ด้ามเครื่องมือหรืออุปกรณ์ จากการศึกษาของศุภัทธนันท์ รักพงษ์ (2558) ทำการออกแบบอุปกรณ์ลดการส่งผ่านความสั่นสะเทือนมายังเท้าของพนักงานแผนกเย็บผ้า พบว่า อุปกรณ์สามารถลดความสั่นสะเทือนที่ส่งผ่านมายังเท้าของพนักงานที่ประกอบด้วยยางกันสั่นสะเทือน รังผึ้งพอลิโพรพิลีนและโฟมยาง NBR ได้ค่าเฉลี่ยความสั่นสะเทือนรวมเท่ากับ 0.494 m/ s^2 ที่ความถี่ 3-40 Hz นอกจากนี้ยังมีการพัฒนาเอา โฟมยางและ ยางสไตรีนบิวตาไดอีน (SBR) มาทำเป็นด้ามมือจับของรถไถนาเดินตาม พบว่า สามารถลดค่าการส่งผ่านค่าความสั่นสะเทือนได้สูงถึง 11% ที่ความถี่ไม่เกิน 40 Hz (Dewangan & Tewari, 2010) รวมถึง ยางโพลียูรีเทน (PU) ด้วยเช่นกัน (Chaturvedi et al., 2016) มีการศึกษา ยางธรรมชาติ, ยางไนไทรล์ (NBR), ยางเอทิลีนโพรพิลีนไดอีน (EPDM) ลดค่าความสั่นสะเทือนที่ส่งผ่านมายังมือของผู้ควบคุมรถแทคเตอร์ พบว่า สามารถลดได้ 33% ที่ความถี่ต่ำกว่า 25 Hz (Shinde & Jadhav, 2016) อีกทั้งยังมีการศึกษานำเอาวัสดุที่หาได้งาน ราคาต้นทุนต่ำ มาทำการห่อหุ้มบริเวณด้ามจับของเครื่องมือสว่านเจาะ เพื่อลดการส่งผ่านความสั่นสะเทือนมายังผู้สัมผัส เช่น ฟองน้ำและกำมะหยี่, ผลิตภัณฑ์จากปอและผ้าฝ้าย, แผ่นยางสังเคราะห์, ผ้าฝ้ายและผ้ายีนส์ พบว่า สามารถลดการส่งผ่านความสั่นสะเทือนได้ 59% ที่ความถี่ 4-8 Hz (Singh & Khan, 2014) ในการป้องกันที่ตัวบุคคลนั้นอาจมีการใช้ถุงมือ ซึ่งถุงมือที่มีขายตามท้องตลาดนั้นมีประสิทธิภาพในการลดค่าความสั่นสะเทือนได้แตกต่างกันเช่น ถุงมือที่ทำด้วยเม็ดโฟม ถุงมือที่มีการอัดฟองอากาศและเม็ด เจล สามารถลด

ความสั่นสะเทือนได้ในช่วง 3.07-5.56 m/ s^2 ที่ความถี่ 100 Hz (Dale et al., 2010) การศึกษาของพรทิพย์ เย็นใจ (2546) ได้นำเอาวัสดุที่ใช้ทำถุงมือมาประยุกต์ในการห่อหุ้มด้ามจับของเครื่องเจียรหิน พบว่า ถุงมือชนิด Lycra cotton และPolyurethane ลดความสั่นสะเทือนได้ที่ความถี่ 16, 125, 250 และ 500 Hz ซึ่งสามารถลดการส่งผ่านได้ 39.96% ส่วนถุงมือชนิดหนังเฟอร์นิเจอร์ เมื่อลดความสั่นสะเทือนได้ที่ความถี่ 16, 125, 250, 500 และ 1,000 Hz สามารถลดค่าความสั่นสะเทือนได้ 38.84%

1. วัสดุลดความสั่นสะเทือน

ในการเลือกใช้วัสดุลดความสั่นสะเทือนเพื่อลดความเสี่ยงต่อสุขภาพแก่พนักงาน ได้มีการพิจารณาวัสดุเพื่อนำมาใช้การออกแบบ วัสดุต้องมีความแข็งแรง ทนต่อการใช้งาน บำรุงรักษาได้ง่าย หาได้ง่ายตามท้องตลาด ไม่เป็นสาเหตุที่เป็นอันตราย เช่น แหลมคมหรือเป็นเหลี่ยมที่สัมผัสแล้วเป็นผลอันตรายต่อสุขภาพพนักงานสะดวกต่อการใช้งานและไม่กีดขวางการทำงาน หาซื้อได้ง่ายตามท้องตลาดทั่วไปและราคาไม่แพง

ตารางที่ 2-6 ชนิดวัสดุช่วยลดความสั่นสะเทือน

ชนิดวัสดุที่ช่วยลดความสั่นสะเทือน	ช่วงความถี่ที่ช่วยลดความสั่นสะเทือน
ยางกันสะเทือนหรือยางกันกระแทก	ความถี่ 10 Hz ขึ้นไป
สปริง	ความถี่ 3-9 Hz
รังผึ้งโพรพิลีน	ความถี่สูง มีประสิทธิภาพลดการกระแทก
ซิลิโคลน	ความถี่ 3-40 Hz
ยางสปริง	ความถี่ต่ำ
แผ่นยางสังเคราะห์	ความถี่ต่ำ
โฟมยาง (NBR)	ความถี่ 3-40 Hz
ยางสไตรีนบิวตาไดอีน (SBR)	ความถี่ ไม่เกิน 40 Hz
ยางธรรมชาติ	ความถี่ ต่ำกว่า 25 Hz
ยางไนไตลร์ (NBR)	ความถี่ ต่ำกว่า 25 Hz
ยางเอทิลีนโพรพิลีนไดอีน (EPDM)	ความถี่ ต่ำกว่า 25 Hz

ตารางที่ 2-6 (ต่อ)

ชนิดวัสดุที่ช่วยลดความสั่นสะเทือน	ช่วงความถี่ที่ช่วยลดความสั่นสะเทือน
ฟองน้ำและกำมะหยี่	ความถี่ ไม่เกิน 30 Hz
ผลิตภัณฑ์จากปอและผ้าฝ้าย	
แผ่นยางสังเคราะห์	
ผ้าฝ้ายและผ้ายีนส์	
แผ่นยาง Neoprene	ความถี่ ต่ำกว่า 5 Hz
ยางโพลียูรีเทน (PU)	ความถี่ ไม่เกิน 4-8 Hz
Lycra cotton, Polyurethane	16, 125, 250 และ 500 Hz
หนังเฟอร์นิเจอร์	16, 125, 250, 500 และ 1,000 Hz

ที่มา: ศุภัทธนันท์ รักพงษ์ (2558); Dewangan and Tewari (2010); Shinde and Jadhav (2016); Singh and Khan (2014); Chaturvedi et al. (2016); พรทิพย์ เย็นใจ (2546)

การประเมินความพึงพอใจต่อวัสดุห่อหุ้มด้ามจับของเครื่องตบดินแบบกระโดด

การศึกษาวัสดุห่อหุ้มด้ามจับเพื่อลดความสั่นสะเทือน ในการวัดความพึงพอใจมีความจำเป็นต้องเพื่อให้ทราบถึงองค์ประกอบของความคิดเห็นอย่างชัดเจน เพื่อใช้เป็นตัวชี้วัดระดับความพึงพอใจต่อวัสดุลดค่าความสั่นสะเทือน ในการออกแบบวัสดุห่อหุ้มด้ามจับมีความเหมาะสมสามารถนำไปใช้งานได้จริงหรือไม่

แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับความคิดเห็นของ เบสท์ ปี 1977 กล่าวว่า ความคิดเห็นคือการแสดงออกในด้านความเชื่อและความรู้สึกของแต่ละบุคคล โดยการพูดที่นำไปสู่การคาดคะเนหรือการแปลผลในพฤติกรรมหรือเหตุการณ์ ความคิดเห็นเป็นเรื่องของแต่ละบุคคลที่แสดงออกต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง หรือสิ่งเดียวกัน ไม่จำเป็นต้องคล้ายคลึงหรือเหมือนกันเสมอไป ขึ้นอยู่กับปัจจัยพื้นฐานของแต่ละบุคคล เช่น ความรู้ ประสบการณ์ในการทำงาน สภาพแวดล้อมปัจจัยพื้นฐานและมีผู้เสนอความคิดไว้ ได้แบ่งประเภทของความคิดเห็นนี้ไว้ 2 ประเภท คือ ความคิดเห็นเชิงบวกสุด-เชิงลบสุด และ ความคิดเห็นจากความรู้ความเข้าใจ

การวัดความคิดเห็นโดยทั่วไปจะต้องมีองค์ประกอบ 3 อย่างคือ บุคคลที่จะถูกวัด สิ่งเร้าที่มีการตอบสนองซึ่งจะออกมาระดับสูงต่ำมากน้อย วิธีวัดความคิดเห็นนั้นโดยมากจะใช้ตอบแบบสอบถามและการสัมภาษณ์โดยให้ผู้ที่ตอบคำถามเลือกตอบแบบสอบถาม และผู้ถูกวัดจะเลือกตอบตามความคิดเห็นของตนในเวลานั้น การใช้แบบสอบถามสำหรับวัดความคิดเห็นนั้นใช้

การวัดแบบลิเคอร์ท โดยเริ่มด้วยการรวบรวม หรือเรียบเรียงข้อความที่เกี่ยวกับความคิดเห็นและระบุให้ผู้ตอบ ตอบว่าเห็นด้วย หรือไม่เห็นด้วย พอใจ หรือไม่พอใจเกี่ยวกับข้อความที่กำหนดให้

ซึ่งการศึกษาความพึงพอใจของ ศุภัทธนันท์ รักพงษ์ (2558) นั้นกำหนด แบบสอบถามความพึงพอใจต่อการใช้อุปกรณ์ลดความสั่นสะเทือนที่เท้า จำนวน 6 ข้อและได้แบ่งมาตราส่วนของแบบสอบถาม เป็น 5 ระดับ คือ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย และน้อยที่สุด ซึ่งในการแปลลคะแนนนั้นใช้หลักการแบ่งอันตรภาคชั้น และกำหนดคะแนนแปลผลความพึงพอใจออกเป็น 5 ระดับ

การศึกษาในครั้งนี้ได้ประยุกต์จาก ศุภัทธนันท์ (ศุภัทธนันท์ รักพงษ์, 2558) ได้กำหนดแบบสอบถามความพึงพอใจออกเป็น 7 ข้อคำถามได้แก่

1. เมื่อท่านปฏิบัติงานมีความรู้สึกรำคาญต่อวัสดุห่อหุ้มด้ามจับ
2. วัสดุห่อหุ้มด้ามจับมีขนาดเหมาะสมกับการใช้งาน
3. วัสดุที่เลือกใช้เป็นวัสดุห่อหุ้มด้ามจับมีเหมาะสม
4. วัสดุห่อหุ้มด้ามจับทำให้ท่านปฏิบัติงานดีขึ้น
5. วัสดุห่อหุ้มด้ามจับช่วยให้ท่านคล่องตัวในการทำงาน
6. วัสดุห่อหุ้มด้ามจับเป็นอุปสรรคขัดขวางการทำงาน
7. มีความพึงพอใจต่อวัสดุลดความสั่นสะเทือน

การแบ่งคะแนนในแต่ละข้อคำถามเป็นมาตราส่วนของแบบสอบถาม เป็น 5 ระดับ คือ มีความพึงพอใจในระดับสูงมากที่สุด, มีความพึงพอใจในระดับสูงมาก, มีความพึงพอใจในระดับปานกลาง, มีความพึงพอใจในระดับน้อย, มีความพึงพอใจในระดับน้อยที่สุด

ในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ได้มีการศึกษาความพึงพอใจ เพื่อทราบถึงระดับของความพอใจต่อวัสดุห่อหุ้มด้ามจับของเครื่องตบดินแบบกระโดด โดยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลความพึงพอใจ หลังจากใช้วัสดุห่อหุ้มด้ามจับแล้ว 1 สัปดาห์ ผู้เข้าร่วมการศึกษาวิจัยต้องตอบแบบสอบถามความพึงพอใจจำนวน 7 ข้อ ดังกล่าวซึ่งในการแปลผลจะแบ่งเป็น 5 ระดับ คือ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย และน้อยที่สุด

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยในครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์ในการศึกษาประสิทธิผลของวัสดุห่อหุ้มด้ามจับเพื่อลดความเสี่ยงที่มือและแขนในพนักงานควบคุมเครื่องตบดินแบบกระโดด ซึ่งมีผลต่อสุขภาพของผู้ปฏิบัติงาน โดยผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. รูปแบบการวิจัย
2. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
4. การตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ
5. การเก็บรวบรวมข้อมูล
6. การวิเคราะห์ข้อมูล
7. การพิทักษ์สิทธิ์กลุ่มตัวอย่าง
8. จริยธรรมการวิจัย

รูปแบบการวิจัย

งานวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi-experimental design) ศึกษาประสิทธิผลของวัสดุห่อหุ้มด้ามจับเพื่อลดความเสี่ยงที่มือและแขน ในพนักงานควบคุมเครื่องตบดินแบบกระโดด ในอุตสาหกรรมก่อสร้างประเภทงานดินและปรับพื้นที่ในกลุ่มคนงานที่ทำงานกับเครื่องตบดินแบบกระโดด ในสถานประกอบกิจการก่อสร้างแห่งหนึ่ง จังหวัดระยอง

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1. ประชากรที่ใช้ในการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ คนงานก่อสร้าง ที่ทำงานกับเครื่องตบดินแบบกระโดด จำนวน 3 เครื่อง ในสถานประกอบกิจการก่อสร้าง จังหวัดระยอง จำนวน 10 คน

2. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ทำการเลือกแบบเจาะจง (Purposive sampling) ตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย โดยต้องมีคุณสมบัติหรือประสบการณ์ในเรื่องการทำงานกับเครื่องตบดินแบบกระโดดเท่านั้น โดยมีเกณฑ์คัดเข้า ดังนี้

2.1 เกณฑ์การคัดเลือกเข้า

2.1.1 พนักงานที่เข้าร่วมวิจัยครั้งนี้ต้อง ไม่เป็นผู้ป่วยโรคเบาหวาน โรคความดันโลหิตสูง โรคหัวใจ หรือโรคที่มีความผิดปกติเกี่ยวกับหลอดเลือดส่วนปลาย เช่นหลอดเลือดอุดตัน และโรคที่มีความผิดปกติเกี่ยวกับกล้ามเนื้อ เช่นโรคนิ้วมือซีดขาว

2.1.2 เครื่องตบดิน แบบกระโดด ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ยี่ห้อ MIKASA รุ่น MT-72 FWA ขนาด 1.070x730x370 น้ำหนัก 60 kg ความถี่ 500 ครั้งต่อนาที ที่ความเร็วรอบ 5,600 rpm (รอบต่อนาที) 3 เครื่อง ประกอบด้วยหมายเลขเครื่อง Serial No. A4113 หมายเลขเครื่อง Serial No.A4127 และหมายเลขเครื่อง Serial No.A4143

2.1.3 มีความยินดีในการให้ข้อมูล

2.2 เกณฑ์การคัดเลือกออก

2.2.1 เปลี่ยนแปลงหน้าที่การทำงาน ลาออกจากงาน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยประกอบด้วย เครื่องวัดค่าความเร่งความสั่นสะเทือน เครื่องมือวัดแรงบีบมือ และแบบสอบถามความพึงพอใจ

1. เครื่องมือในการตรวจวัดค่าความเร่งความสั่นสะเทือน

เครื่องมือวัดความสั่นสะเทือนเฉพาะที่มือและแขน ใช้ในการตรวจวัดค่าความสั่นสะเทือนก่อนและหลังการใช้วัสดุห่อหุ้มด้ามจับของเครื่องตบดินแบบกระโดด

1.1 เครื่องวัดความเร่งความสั่นสะเทือนที่มือและแขน (Hand And Arm Vibration meter) ยี้ห้อ QUEST TECHNOLOGIES รุ่น VI-410 Lab No.L59/ 03370.1 Serial No. 21729/ Sensor: 8692 มีส่วนประกอบ ดังนี้ ตัววัดความเร่ง (Accelerometer) มีลักษณะการทำงานเมื่อมีความสั่นสะเทือนทำให้เกิดแรงกดและแรงเฉือนเกิดประจุไฟฟ้า กระบวนการส่งสัญญาณขยายสัญญาณไฟฟ้าที่ได้รับวิเคราะห์เป็นแรงสั่นสะเทือน และตัวเครื่องวัดที่มีจอภาพแสดงผลการตรวจวัดที่มีช่องเสียบสำหรับต่อสายวัดที่มีหัวอยู่ด้วย และส่งสอบเทียบตามมาตรฐานปฐมภูมิ ISO 16063-11 (1999) ด้วย Laser Interferometer จะทำการสอบเทียบหัววัดความเร่งในช่วงความถี่ 50-5000 Hz โดยใบรับรองการสอบเทียบหมายเลข 2559/ 321 จาก กรมวิทยาศาสตร์บริการ เมื่อวันที่ 14 กันยายน พ.ศ. 2559 Lab No. L59/ 03370.1

ภาพที่ 3-1 เครื่องวัดความเร่งความสั่นสะเทือนที่บริเวณมือและแขน

1.2 การติดตั้งหัววัดและทิศทางการวัด ตรวจวัดความเร่งของความสั่นสะเทือนที่ด้ามจับ ให้แกน X, Y และ Z ตั้งฉากกัน ในจุดที่ใกล้กับจุดที่มีความสั่นสะเทือนส่งผ่านไปที่มือและทิศทางที่วัดสัมพันธ์กับระบบการเคลื่อนไหวของร่างกาย โดยในการติดตั้งหัววัดความเร่งและทิศทางการติดตั้งดำเนินการตามมาตรฐาน ISO 5349-1 , ISO 5349-2 โดยพิจารณาค่าความเร่งความสั่นสะเทือนในช่วงความถี่ที่เป็นผลต่อสุขภาพคือ 6.3-1250 Hz (ISO 5349, 2011)

1.3 ตรวจวิเคราะห์ความสั่นสะเทือนแบบบริเวณที่มือและแขน ความเร่งของความสั่นสะเทือน ขนาดของสัญญาณมีหน่วยเป็น m/ s^2 ดำเนินการวัดค่าความเร่งแต่ละตัวอย่างเป็นการวัดสามทิศทางที่ตั้งฉากกันและบันทึกค่าอย่างน้อย 1 นาที

1.4 การประเมินผล

การประเมินผลความสั่นสะเทือน สามารถคำนวณค่าความสั่นสะเทือนที่ปรับค่าถ่วงน้ำหนักแต่ละแนวแกน ที่ความถี่ 6.3-1250 Hz โดย คำนวณหาค่าความเร่งในแต่ละแนวแกน X, Y และ Z ดังแสดงในสมการที่ 1 จากนั้นทำการคำนวณรวมทั้งสามแนวแกน ดังสมการที่ 2

$$a_{hw} = \sqrt{\sum_i \left(W_{hi} a_{hi}\right)^2} \qquad \text{.....(1)}$$

เมื่อ a_{hw} เป็นความเร่งของรากที่สองที่ปรับค่าความถี่ (ถ่วงน้ำหนัก) มีหน่วยเป็น m/ s^2

W_{hi} เป็นค่าแฟกเตอร์ถ่วงน้ำหนักของความถี่ในช่วงนั้น ๆ

a_{hi} เป็นความเร่งของรากที่สองของค่าเฉลี่ยยกกำลังสอง ของความถี่ช่วงนั้น ๆ มีหน่วยเป็น เมตรต่อวินาที^{2}

$$a_{hv} = \sqrt{a_{hwx}^2 + a_{hwy}^2 + a_{hwz}^2} \quad \text{.....(2)}$$

เมื่อ a_{hv} เป็นค่าความสั่นสะเทือนรวม (ความเร่ง)

$a_{hwx}, a_{hwy}, a_{hwz}$ เป็นค่าความสั่นสะเทือนตามแนวแกน x, y และ z

คำนวณหาความสั่นสะเทือนที่ผู้ปฏิบัติงานได้รับใน 8 ชั่วโมง $A(8)$ ได้จากสมการที่ 3

$$A(8) = a_{hv}\sqrt{\frac{T}{T_0}} \quad \text{.....(3)}$$

เมื่อ $A(8)$ เป็นค่าความสั่นสะเทือนที่ผู้ปฏิบัติงานได้รับในหนึ่งวัน(8ชั่วโมง)

T เป็นระยะเวลาที่ได้รับความสั่นสะเทือนในขณะทำงาน

T_0 เป็นเวลาทำงานอ้างอิง ที่ 8 ชั่วโมง

2. เครื่องมือวัดแรงบีบมือ

2.1 เครื่องมือทดสอบแรงบีบมือ (Hand grip dynamometer) เพื่อประเมินความแข็งแรงจากการเกร็งของกล้ามเนื้อมือและแขนส่วนปลาย มีรูปแบบการอ่านผลด้วยเข็ม แสดงค่าตั้งแต่ 0-100 กิโลกรัม ยี่ห้อ Takei Physical Fitness Test รุ่น T.K.K 5001 หมายเลขเครื่อง 72120279 สอบเทียบวันที่ 7 เมษายน พ.ศ. 2560

2.2. การดำเนินการตามคู่มือการทดสอบสมรรถภาพทางกาย กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข โดยจัดระดับที่จับของเครื่องมือให้เหมาะสมกับมือของผู้ถูกวัดผู้เข้ารับการทดสอบ ปล่อยแขนตามสบายข้างลำตัว แล้วใช้มือข้างที่ถนัด กำที่จับของ hand grip dynamometer โดยห้ามแนบลำตัว ออกแรงกำมือให้แรงที่สุด ทำการทดสอบ 2 ครั้ง ใช้ค่าที่มาก บันทึกผลการวัดเป็นกิโลกรัม นำผลที่ได้มาหารด้วยน้ำหนักตัวของผู้เข้ารับการทดสอบ

2.3. ค่ามาตรฐานและการแปลผล ตามเกณฑ์สมรรถภาพทางกายของประเทศไทย การกีฬาแห่งประเทศไทย (2556) ค่ามาตรฐานแรงบีบมือต่อน้ำหนักตัว (กก./ นน.ตัว) ของคนไทย ตามแสดงในตารางที่ 3-1

ตารางที่ 3-1 ค่ามาตรฐานแรงบีบมือต่อน้ำหนักตัว (กก./ นน.ตัว) ของคนไทย และการแปลผล

เพศชาย						
ระดับสมรรถภาพ	อายุ (ปี)					
	17-19	20-29	30-39	40-49	50-59	60-72
ดีมาก	≥ 0.86	≥ 0.84	≥ 0.81	≥ 0.77	≥ 0.72	≥ 0.65
ดี	0.80-0.85	0.79-0.83	0.76-0.80	0.72-0.76	0.67-0.71	0.60-0.64
ปานกลาง	0.67-0.79	0.68-0.78	0.65-0.75	0.61-0.71	0.56-0.66	0.49-0.59
ต่ำ	0.61-0.66	0.63-0.67	0.60-0.64	0.54-0.60	0.51-0.55	0.44-0.48
ต่ำมาก	≤ 0.60	≤ 0.62	≤ 0.59	≤ 0.55	≤ 0.50	≤ 0.43

ที่มา: ฝ่ายวิทยาศาสตร์การกีฬา การกีฬาแห่งประเทศไทย (2556)

2.4 การแปรผล ประยุกต์จาก ฝ่ายวิทยาศาสตร์การกีฬา การกีฬาแห่งประเทศไทย

ดีมาก หมายถึง พนักงานมีแรงบีบมืออยู่ในระดับดีมาก

ดี หมายถึง พนักงานมีแรงบีบมืออยู่ในระดับดี

ปานกลาง หมายถึง พนักงานมีแรงบีบมืออยู่ในระดับปานกลาง

ต่ำ หมายถึง พนักงานมีแรงบีบมืออยู่ในระดับต่ำ

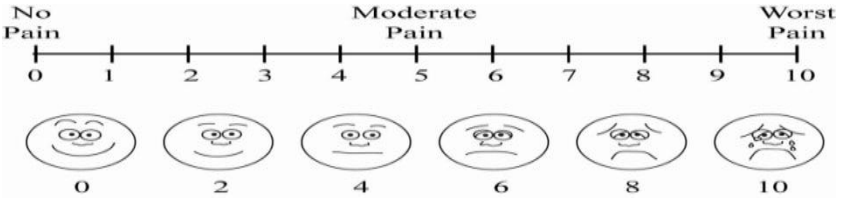
ต่ำมาก หมายถึง พนักงานมีแรงบีบมืออยู่ในระดับต่ำมาก

3. แบบสอบถาม

แบบสอบถามที่ใช้ในการวิจัย ในครั้งนี้ แบ่งออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 แบบสอบถามข้อมูลทั่วไป อายุ ประสบการณ์ทำงานและ ระยะเวลาที่ปฏิบัติงานกับความสั่นสะเทือนต่อเนื่องใน 1 วัน

ส่วนที่ 2 แบบสอบถามอาการผิดปกติที่มือและแขนจากการรับสัมผัสความสั่นสะเทือน ประยุกต์จาก Kuorinka I.(Kuorinka et al., 1987)และ ศศิวิมล (ศศิวิมล บุตรสีเขียว, 2555) แบบสอบถาม Nordic Musculoskeletal Questionnaire (NMQ) เฉพาะมือและข้อมือ ไหล่ แขน โดย 9 ข้อคำถาม 3 อาการได้แก่ อาการชา อ่อนแรง และอาการปวด (ศุภัทธนันท์ รักพงษ์, 2558) โดยกำหนดเกณฑ์การให้คะแนน โดยใช้ Visual Analog scale (VAS) ซึ่งแบ่งเป็น 10 คะแนน ตั้งแต่ 0 คือ ไม่มีอาการปวด จนถึง 10 คือ ปวดมากที่สุด ดังนี้ (Inchingolo et al., 2011)



ภาพที่ 3-2 การประเมินอาการผิดปกติโดยการให้คะแนน

การแปลผลอาการปวดหลังส่วนล่างออกเป็น 5 ระดับ ดังนี้

คะแนน 0	หมายถึงไม่มีอาการ
คะแนน 1-3	หมายถึง มีอาการน้อย
คะแนน 4-6	หมายถึง มีอาการปานกลาง
คะแนน 7-9	หมายถึง มีอาการมาก
คะแนน 10	หมายถึง มีอาการรุนแรง

ส่วนที่ 3 แบบสอบถามความพึงพอใจ

แบบสอบถามความพึงพอใจต่อวัสดุห่อหุ้มด้ามจับของเครื่องตบดินแบบกระโดด ประยุกต์มาจาก ศุภัทธนันท์ รักพงษ์ (2558) ลักษณะแบบสอบถามเป็นแบบมาตราส่วน 5 ระดับ จำนวน 7 ข้อ ได้แก่ มีความรู้สึกรำคาญต่อวัสดุห่อหุ้มด้ามจับ วัสดุห่อหุ้มด้ามจับมีขนาดเหมาะสม วัสดุที่เลือกใช้เป็นวัสดุห่อหุ้มด้ามจับมีความเหมาะสม วัสดุห่อหุ้มด้ามจับทำให้ท่านปฏิบัติงานดีขึ้น วัสดุห่อหุ้มด้ามจับช่วยให้ท่านคล่องตัวในการทำงาน วัสดุห่อหุ้มด้ามจับเป็นอุปสรรคขัดขวางการทำงาน และมีความพึงพอใจต่อวัสดุลดความสั่นสะเทือน โดยกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

คะแนน	ความหมาย
5	มีความพึงพอใจในระดับสูงมากที่สุด
4	มีความพึงพอใจในระดับสูงมาก
3	มีความพึงพอใจในระดับปานกลาง
2	มีความพึงพอใจในระดับน้อย
1	มีความพึงพอใจในระดับน้อยที่สุด

การแปลผลคะแนนใช้เกณฑ์การแบ่งช่วงการแปลผลตามหลักอันตรภาคชั้นจากสูตร ดังนี้

พิสัย = (ค่าสูงสุด – ค่าต่ำสุด)/ จำนวนช่วงและระดับ ที่ต้องการแปล

= (5 – 1)/ 5

= 0.8

จากนั้นเริ่มขั้นต่ำที่สุด คือ 1 และนำมาหาระดับค่าเฉลี่ย โดยกำหนดความสำคัญของคะแนนได้ ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 1.00-1.80 หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับ น้อยที่สุด

ค่าเฉลี่ย 1.81-2.60 หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับ น้อย

ค่าเฉลี่ย 2.61-3.40 หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับ ปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 3.41-4.20 หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับ มาก

ค่าเฉลี่ย 4.21-5.00 หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับ มากที่สุด

การตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ

1. ความตรงของเนื้อหา (Content validity) มีการนำแบบสอบถามซึ่งประกอบด้วย แบบสอบถามข้อมูลทั่วไป แบบสอบถามอาการผิดปกติของมือและแขน และแบบสอบถามความพึงพอใจหลังการใช้วัสดุห่อหุ้มด้ามจับ ปรึกษากับผู้ทรงคุณวุฒิที่มีความเชี่ยวชาญ 3 ท่าน เพื่อให้ตรวจสอบความตรงตามเนื้อหา ความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ จากนั้นนำมาปรับปรุงแก้ไขตามที่ผู้เชี่ยวชาญเสนอแนะ โดยผู้ทรงคุณวุฒิลงความเห็นและให้คะแนนเป็นรายข้อในประเด็นที่ใช้ถาม หลังจากนั้นนำมาหาค่าดัชนีความสอดคล้อง IOC ในการศึกษาครั้งนี้ได้ค่า IOC เท่ากับ 0.89

2. การสอบเทียบเครื่องมือตามมาตรฐาน

2.1 เครื่องมือการทดสอบแรงบีบมือ (Hand grip dynamometer) เพื่อประเมินความแข็งแรงจากการเกร็งของกล้ามเนื้อมือและแขนส่วนปลาย มีรูปแบบการอ่านผลด้วยเข็ม แสดงค่าตั้งแต่ 0-100 กิโลกรัม ยี่ห้อ Takei Physical Fitness Test รุ่น T.K.K 5001 หมายเลขเครื่อง 72120279 ส่งสอบเทียบตามมาตรฐาน 7 เมษายน 2560

2.2 เครื่องวัดความเร่งความสั่นสะเทือนที่มือและแขน (Hand And Arm Vibration meter)ยี่ห้อ QUEST TECHNOLOGIES รุ่น VI-410 Lab No.L59/ 03370.1 Serial No. 21729/ Sensor: 8692ส่งสอบเทียบตามมาตรฐานปฐมภูมิ ISO 16063-11 (1999) ด้วย Laser Interferometer จะทำการสอบเทียบหัววัดความเร่งในช่วงความถี่ 50-5000 Hz โดยใบรับรองการสอบเทียบหมายเลข 2559/ 321 จาก กรมวิทยาศาสตร์บริการ เมื่อวันที่ 14 กันยายน 2559 Lab No. L59/ 03370.1

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ขั้นตอนในการออกแบบวัสดุห่อหุ้มด้ามจับของเครื่องตบดินแบบกระโดด

1.1 การเลือกวัสดุลดความสั่นสะเทือนที่ใช้ในการออกแบบเป็นวัสดุห่อหุ้มด้ามจับ

จากการศึกษาประสิทธิภาพของวัสดุที่ใช้ลดความสั่นสะเทือน เมื่อพิจารณาค่าความสั่นสะเทือนที่สูงจากการตรวจวัดความสั่นสะเทือนเบื้องต้นพบว่า อยู่ในช่วงความถี่ 8-100 Hz พร้อมพิจารณาช่วงความถี่ที่มีผลกระทบต่อสุขภาพตามมาตรฐาน ISO 5349 ที่ช่วง 6.3-1250 Hz ดังแสดงในตารางที่ 3-2 ร่วมกับการพิจารณาคุณสมบัติวัสดุที่จะนำมาลดค่าความเร่งความสั่นสะเทือน โดยมีรายละเอียดดังนี้

1.1.1 โฟมยางไนไตลร์ (Nitrile or Acrylonitrile-Butadiene Rubber, NBR) ที่เป็นอิลาสโตเมอร์ที่ เหมาะสมกับการลดสั่นสะเทือนที่ความถี่ 3-40 Hz ขึ้นไป มีคุณสมบัติที่มีความยืดหยุ่นสูง การกระเด้งกระดอนต่ำทนต่อความร้อนและโอโซนสูง ความต้านทานการขัดถูสูงขึ้น มีความแข็งแรงและทนทานต่อแรงดึงสูงขึ้น เป็นยางที่นิยมใช้ทำพื้นรองเท้า สายพาน ปลอกหุ้มสายไฟและยางรถยนต์ (พงษ์ธร แซ่อุย, 2547) และจากการวิจัยเรื่องประสิทธิผลของอุปกรณ์ลดความสั่นสะเทือนที่เท้าในพนักงานแผนกเย็บผ้าของโรงงานแห่งหนึ่งในจังหวัดชลบุรี พบว่า โฟมยาง NBR สามารถนำมาใช้ในการออกแบบเป็นวัสดุลดความสั่นสะเทือนได้ และสามารถลดลดค่าเฉลี่ยความสั่นสะเทือนที่ส่งผ่านมายังเท้าของพนักงานได้ (ศุภัทธนันท์ รักพงษ์, 2558) และยาง NBRสามารถลดการส่งผ่านบริเวณด้ามจับของรถแทคเตอร์ได้ 33% (Shinde & Jadhav, 2016)

1.1.2 ยางกันสะเทือนหรือยางกันกระแทก เหมาะสมกับการสั่นสะเทือนที่ความถี่ 10 Hz ขึ้นไป ซึ่งนิยมใช้กันแพร่หลายในการแยกความสั่นสะเทือนออกจากเครื่องยนต์โดยการใช้ยางรองแท่นเครื่อง เนื่องจากทำหน้าที่เป็นตัวกลางที่ช่วยซึบซับแรงสั่นสะเทือนออก และยังสามารถนำไปใช้ในการออกแบบอุปกรณ์ที่ลดแรงกระแทกและลดแรงสั่นสะเทือนได้ ดังเช่นในงานวิจัยเรื่องการศึกษาการลดความสั่นสะเทือนโดยใช้วัสดุสังเคราะห์ที่ผ่านการใช้งานแล้ว พบว่า สามารถนำมาประยุกต์ใช้ลดการส่งผ่านความสั่นสะเทือนของเครื่องจักรได้ (อุมารินทร์ เตมีย์, 2552) อีกทั้งยังมี มาทำการห่อหุ้มบริเวณด้ามจับของเครื่องมือสว่านเจาะ เพื่อลดการส่งผ่านความสั่นสะเทือนมายังผู้สัมผัส พบว่า สามารถลดการส่งผ่านความสั่นสะเทือนได้ 59% (Singh & Khan, 2014)

ดังนั้นในการทดลองนี้จึงได้เลือกใช้วัสดุลดความสั่นสะเทือน 2 ชนิด ดังกล่าว โดยเฉพาะอย่างยิ่งวัสดุทั้ง 2 ชนิดนี้สามารถนำมาลดค่าความสั่นสะเทือนได้ที่ความถี่ 8-100 Hzได้

ตารางที่ 3-2 ชนิดวัสดุในการออกแบบวัสดุห่อหุ้มด้านจับ

ชนิดวัสดุลดความสั่นสะเทือน	ลดความสั่นสะเทือนได้ที่ความถี่ (Hz)																										
	4	5	6.3	8	10	12.5	16	20	25	31.5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000
ยางกันสะเทือน					✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
โฟมยาง NBR	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓																	
ซิลิโคลน	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓																	
แผ่นยางสังเคราะห์	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓																			
ยางธรรมชาติ	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓																			
ยางไนไตลร์ (NBR)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓																			
ฟองน้ำและกำมะหยี่, ผลิตภัณฑ์จากปอ,ผ้าฝ้าย,ผ้าฝ้ายและผ้ายืนส์	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓																		
แผ่นยาง Neoprene	✓	✓																										
ยางโพลียูรีเทน (PU)	✓	✓	✓	✓																								
cotton, Polyurethane							✓									✓			✓			✓						
หนังเฟอร์นิเจอร์							✓									✓			✓			✓			✓			

ที่มา: ศุภัทธนันท์ รักพงษ์ (2558); Dewangan and Tewari (2010); Shinde and Jadhav (2016); Singh and Khan (2014); Chaturvedi et al. (2016); พรทิพย์ เย็นใจ (2546);บมจ.โพลีเทค อินดัสทรี (2560); บมจ.ยูโร่เบีย (2560)

1.2. การกำของมือที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการออกแบบขนาดวัสดุห่อหุ้มด้ามจับ

1.2.1 วัดขนาดสัดส่วนของพนักงานที่ทำงานกับเครื่องตบดินแบบกระโดด

ในการออกแบบขนาดสัดส่วนของวัสดุห่อหุ้มด้ามจับได้มีการประยุกต์จากการวัดส่วนมือและแขน 2 สัดส่วน ของวัชรินทร์ วังธิยอง (2557) ซึ่งมุ่งเน้นสัดส่วนตามระยะกำจับของนิ้วมือที่เหมาะสม เพื่อให้ได้การออกแบบและขนาดที่เหมาะสมด้านสรีระของพนักงาน

วัดสัดส่วนความกว้างของฝ่ามือ (บริเวณเมทาคาร์ปัล)

วัดสัดส่วนความกว้างสูงสุดของการกำ (นิ้วกลาง)

ภาพที่ 3-3 สัดส่วนการวัดขนาดของมือและแขนซ้าย-ขวา (ไทยเพนตา-โอเชี่ยน, 2559)

ตารางที่ 3-3 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าเปอร์เซนไทล์ที่ 5, 50 และ 95 ของสัดส่วนมือข้างขวา ของพนักงานควบคุมเครื่องตบดิน (n = 10) หน่วยมิลลิเมตร

	รายการ	**เพศชาย (n = 10)**				
		Mean	**SD**	**Percentile**		
				5th	**50th**	**95th**
A1	ความกว้างฝ่ามือ (บริเวณเมทาคาร์ปัล)	86.5	6.55	78.45	86.00	95.55
A2	ความกว้างสูงสุดของการกำ (นิ้วกลาง)	41.3	5.21	35.45	41.00	35.00

ตารางที่ 3-4 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าเปอร์เซนไทล์ที่ 5, 50 และ 95 ของสัดส่วนมือข้างซ้าย ของพนักงานควบคุมเครื่องตบดิน (n = 10) หน่วยมิลลิเมตร

	รายการ	เพศชาย (n = 10)				
		Mean	SD	Percentile		
				5th	50th	95th
A1	ความกว้างฝ่ามือ (บริเวณเมทาคาร์ปัล)	86.81	6.51	78.81	86.50	95.82
A2	ความกว้างสูงสุดของการกำ (นิ้วกลาง)	41.68	5.03	35.89	41.85	35.80

1.2.2 รูปแบบแนวคิดในการพัฒนาขนาดของด้ามจับที่เหมาะสม

ในการพัฒนารูปแบบของวัสดุห่อหุ้มด้ามจับ เพื่อให้ได้การออกแบบและขนาดที่เหมาะสม ได้ทำการออกแบบ ได้มีการประยุกต์จากค่าแนะนำของสถาบันแห่งชาติเพื่อความปลอดภัยและอาชีวอนามัยสหรัฐอเมริกา (NIOSH, 2004; วัชรินทร์ วังธิยอง, 2557)

ตารางที่ 3-5 แนวคิดในการกำหนดขนาดที่เหมาะสมในการออกแบบวัสดุห่อหุ้มด้ามจับที่เหมาะสม สำหรับเครื่องตบดินแบบกระโดด

คุณลักษณะ		แหล่งอ้างอิง	แนวคิดในการพัฒนารูปแบบด้ามจับที่เหมาะสม	
		(NIOSH, 2004)	ด้ามจับเครื่องตบดินเดิม	ด้ามจับเครื่องตบดินใหม่
ด้ามจับ	ความยาว	100-150 มม.	300 มม.	ไม่น้อยกว่าความกว้างของฝ่ามือค่าเปอร์เซนไทล์ที่ 95 ของสัดส่วน A1+ค่าเผื่อ 20
	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง	30-50 มม.	12.74 ± 0.15 มม. เส้นรอบวง 80 มม.	ไม่น้อยกว่าความกว้างสูงสุดของการกำ ค่าเปอร์เซนไทล์ที่5 ของสัดส่วน A2 -ค่าเผื่อ 10
	รูปร่าง	หน้าตัดวงรี	ด้ามจับทรงกลม	เหมาะมือ ลดแรงในการกำ
	วัสดุหรือพื้นผิว	ไม่ลื่นไม่แข็งหรือนุ่มเกินไป	เหล็กชุปทรงกลม	หุ้มด้ามจับด้วยแผ่นยางกันสะเทือนหรือยางกันกระแทกและโฟมยาง NBR
	การใช้งาน	ใช้ได้ทั้งสองมือ	ใช้ได้มือทำงาน	ใช้ทั้ง 2 มือทำงาน

ที่มา: วัชรินทร์ วังธิยอง (2557); สยามคานาโมโต้ (2559)

ตารางที่ 3-6 รูปแบบด้ามจับที่เหมาะสม เพื่อลดค่าความสั่นสะเทือนของเครื่องตบดิน

ขนาดด้ามจับที่เหมาะสม		รูปแบบ
มือขวา	**มือซ้าย**	
ความกว้างของฝ่ามือ สำหรับความยาวด้ามจับ		
เปอร์เซนไทล์ที่ 95	เปอร์เซนไทล์ที่ 95	
A1 +20 มม.	A1 +20 มม.	
95.55+20	95.82+20	
= 115.55 มม.	= 115.82 มม.	
ใช้ค่า 116 มม.	ใช้ค่า 116 มม.	
ความกว้างสูงสุดของการกำสำหรับความหนาด้ามจับ		
เปอร์เซนไทล์ที่ 5	เปอร์เซนไทล์ที่ 5	
A2 –10 มม.	A2 -10 มม.	
35.45 -10 มม	35.89 -10 มม	
= 25.45 มม.	= 25.89 มม.	
(เส้นผ่านศูนย์กลาง 26 มม.)	(เส้นผ่านศูนย์กลาง 26 มม.)	

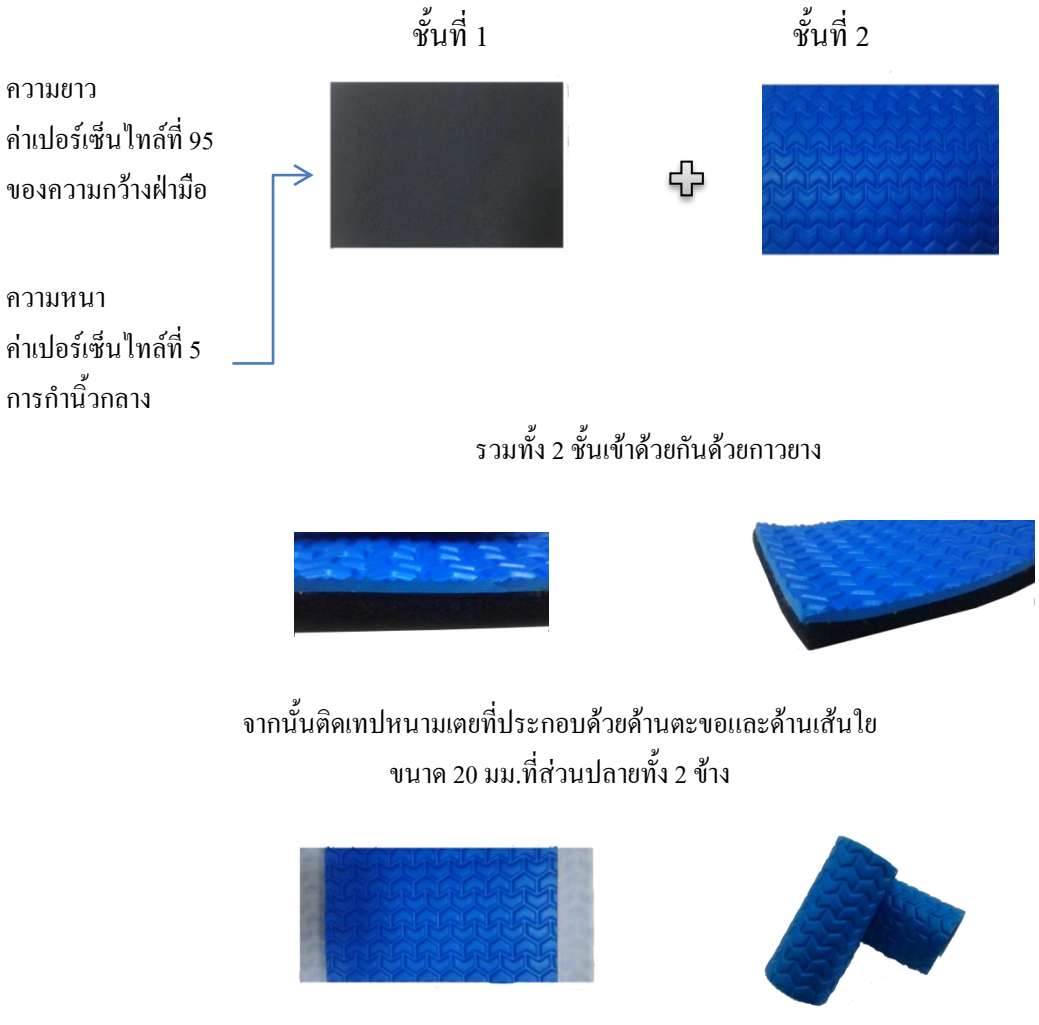
ในแนวคิดในการออกแบบและขนาดในการกำที่เหมาะสม ได้มีการประยุกต์จากค่าแนะนำของสถาบันแห่งชาติเพื่อความปลอดภัยและอาชีวอนามัยสหรัฐอเมริกา (NIOSH) โดยได้มีการวัดขนาดสัดส่วนของพนักงานจำนวน 10 คน จึงได้รูปแบบในการออกแบบและขนาดของวัสดุห่อหุ้มด้ามจับ (วัชรินทร์ วังธิยอง, 2557)

โดยพิจารณาร่วมกับคุณสมบัติเชิงกลของเครื่องตบดินแบบกระโดด โดยมีการทดรอบเครื่องยนต์ในอัตราส่วน 7.5 :1 นำไปขับข้อเหวี่ยงให้กระทุ้ง แผ่นบดอัดดินโดยความถี่ 500 ครั้งต่อนาที ที่ความเร็วรอบ 5,600 rpm (รอบต่อนาที)โดยมีสปริงตัวหน่วง เท่ากับ 4

จากการสำรวจขนาดด้ามจับของเครื่องตบดินแบบกระโดด มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเดิมเท่ากับ 12.74 ± 0.15 มม. เส้นรอบวง 80 มม. และความยาวของด้ามจับเท่ากับ 300 มม. โดยการศึกษาขนาดด้ามจับที่เหมาะสมของทั้ง 2 มือนั้น ได้ศึกษาค่าของความกว้างสูงสุดของการกำเพื่อกำหนดความหนาของด้ามจับที่เหมาะสมมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 26 มม. เส้นรอบวง 163.28 มม. ซึ่งขนาดความหนาของวัสดุได้เท่ากับ 14 มม. (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใหม่ลบด้วยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเดิม)และค่าความกว้างของฝ่ามือเพื่อกำหนดความยาวด้ามจับที่เหมาะสมเท่ากับ 116 มม. แสดงในตารางที่ 3-5 และ แสดงในภาพที่ 3-4

ตารางที่ 3-7 กำหนดขนาดของด้ามจับที่เหมาะสม เพื่อลดค่าความสั่นสะเทือนของเครื่องตบดิน

ชนิดวัสดุห่อหุ้มจับ	กำหนดขนาด			รูปแบบวัสดุ
	ความหนา	ความกว้าง	ความยาว	
ชั้นที่ 1.โฟม ยาง NBR	9 มม.	163.28 มม.	116 มม.	
ชั้นที่ 2. ยางกันสะเทือน	5 มม.	163.28 มม.	116 มม.	



ภาพที่ 3-4 รูปแบบการออกแบบวัสดุห่อหุ้มด้ามจับ

2. ขั้นตอนในการเก็บรวบรวมข้อมูลมีดังนี้

2.1 ดำเนินการนำหนังสืออนุญาตเก็บรวบรวมข้อมูลจาก คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา เพื่อประชุมชี้แจงวัตถุประสงค์ และรายละเอียดเกี่ยวกับการเก็บข้อมูล

2.2 ผู้วิจัยเข้าพบผู้จัดการ โครงการก่อสร้างเพื่อดำเนินการชี้แจงวัตถุประสงค์ข้อมูล สำหรับกลุ่มตัวอย่าง โดยมีรายละเอียดเกี่ยวกับการเก็บข้อมูล ขออนุญาตเก็บข้อมูล พร้อมแจ้งกำหนดการ วัน เวลา และสถานที่ ในการดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลผู้วิจัยดำเนินการจัดประชุมชี้แจงวัตถุประสงค์ข้อมูลแก่กลุ่มตัวอย่างพร้อมทั้งเซ็นต์ยินยอมเข้าร่วมการวิจัย

2.3 ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยการสำรวจขั้นตอนการทำงานประเมินอาการผิดปกติใช้แบบสอบถาม Nordic Musculoskeletal Questionnaire (NMQ) (Kuorinka et al., 1987; ศศิวิมล บุตรสีเขียว, 2555) และแรงบีบมือก่อนใช้วัสดุห่อหุ้มด้ามจับ ตามคู่มือการทดสอบสมรรถภาพทางกาย กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข และแปลผลข้อมูล ตามเกณฑ์สมรรถภาพทางกายของประเทศไทย การกีฬาแห่งประเทศไทย

ภาพที่ 3-5 ประเมินอาการผิดปกติที่มือแขนและทดสอบแรงบีบมือ

2.4 ผู้วิจัยดำเนินการตรวจวัดค่าความเร่งความสั่นสะเทือนก่อนการใช้วัสดุห่อหุ้มด้ามจับและนำวัสดุห่อหุ้มด้ามจับติดตั้งเพื่อใช้ในการปฏิบัติงานตามภาพที่ 3-6 และดำเนินการตรวจวัดค่าความเร่งความสั่นสะเทือนหลังการใช้วัสดุห่อหุ้มด้ามจับทันทีเพื่อควบคุมความคลาดเคลื่อนความแตกต่างของสภาพทางกายภาพของดิน ได้แก่ เนื้อดิน การเกาะยึดตัวของเม็ดดิน ความหนาแน่นของดิน ความชื้นและความพรุนของดินที่อาจส่งผลต่อค่าความสั่นสะเทือน โดยในการตรวจวัดต้องกำหนดวิธีการวัดทิศทางแกนตามมาตรฐานการตรวจวัด สอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือกับหน่วยงานที่ได้รับการรับรองการสอบเทียบ ดำเนินการติดตั้งหัววัดที่บริเวณด้ามจับของเครื่องตบ

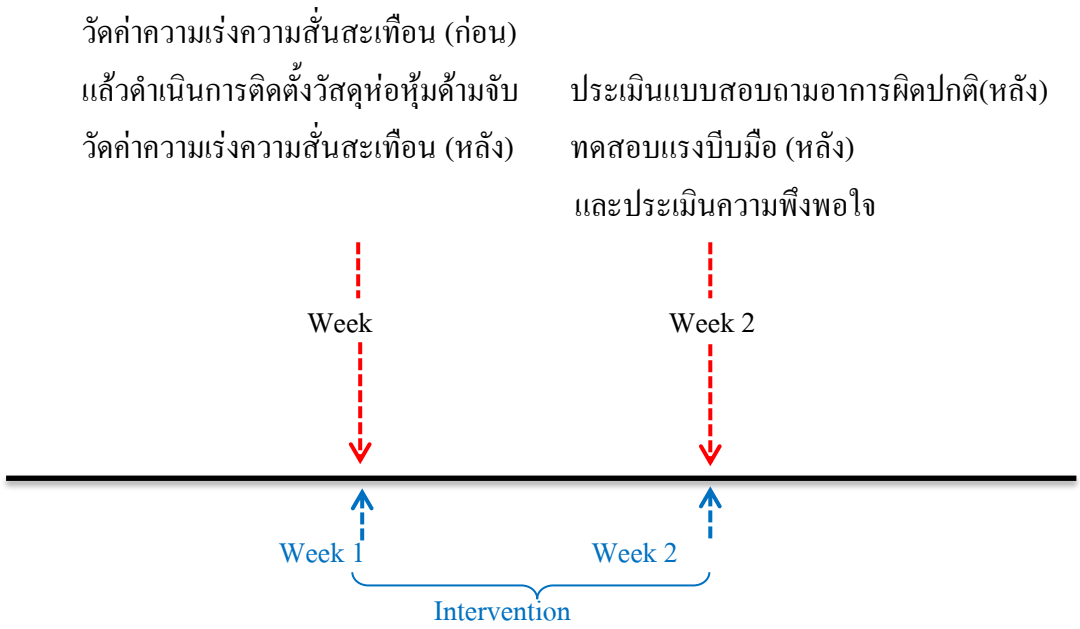
ดินซึ่งเป็นบริเวณส่งผ่านความสั่นสะเทือน (ISO 5349-2, 2011) โดยใช้ระยะเวลาในการตรวจวัดเป็นเวลาอย่างน้อย 1 นาที นำค่าที่ได้มาปรับถ่วงน้ำหนักตามความถี่ คำนวณหาค่าความเร่งความสั่นสะเทือนรวมจากแต่ละแนวแกน แล้วคำนวณหาค่าเฉลี่ยความเร่งความสั่นสะเทือนเทียบกับค่ามาตรฐาน 8 ชั่วโมงการทำงาน แล้วแปรผล (ISO 5439, 2011)

ภาพที่ 3-6 การตรวจวัดค่าความเร่งความสั่นสะเทือนที่มือและแขน

2.5 ผู้วิจัยดำเนินการเก็บข้อมูลแบบประเมินอาการผิดปกติใช้แบบสอบถาม Nordic Musculoskeletal Questionnaire (NMQ) (Kuorinka et al., 1987; ศศิวิมล บุตรสีเขียว, 2555) แรงบีบมือก่อนใช้วัสดุห่อหุ้มด้ามจับ ตามคู่มือการทดสอบสมรรถภาพทางกาย กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข และแปลผลข้อมูล ตามเกณฑ์สมรรถภาพทางกายของประเทศไทย การกีฬาแห่งประเทศไทย และแบบประเมินความพึงพอใจหลังการใช้วัสดุห่อหุ้มด้ามจับเมื่อระยะเวลา ผ่านไป 1 สัปดาห์ และตรวจสอบความครบถ้วน

2.6 เปรียบเทียบค่าความเร่งความสั่นสะเทือนก่อนและหลังการห่อหุ้มวัสดุห่อหุ้มด้ามจับ อาการผิดปกติที่มือและแขน และแรงบีบมือ พร้อมทั้งวิเคราะห์ผลความพึงพอใจต่อวัสดุลดห่อหุ้มด้ามจับพร้อมบันทึกผลและอภิปรายผลการวิจัยในลำดับต่อไป

2.7 บันทึกผลและทำการวิเคราะห์ผลที่ได้จากและนำไปอภิปรายผลการวิจัยต่อไป



ภาพที่ 3-7 การดำเนินการเก็บรวมรวบข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. สถิติพรรณนา (Descriptive statistics) หาค่าหาร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของข้อมูลทั่วไป อาการผิดปกติของกล้ามเนื้อมือและแขน แรงบีบมือและ หาค่าเฉลี่ยของค่าความเร่งของความสั่นสะเทือน ความพึงพอใจก่อนและหลังการห่อหุ้มด้ามจับ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป นำเสนอเป็นตารางประกอบคำบรรยาย

2. สถิติวิเคราะห์ (Analysis statistics) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความเร่งของความสั่นสะเทือนก่อนและหลังของการใช้วัสดุห่อหุ้มด้ามจับและเปรียบเทียบความแตกต่างของอาการผิดปกติที่มือและแขนและแรงบีบมือก่อนและหลังการใช้วัสดุห่อหุ้มด้ามจับ โดยใช้ Wilcoxon Signed-Ranks Test

การพิทักษ์สิทธิ์ตัวอย่างและจริยธรรมในการวิจัย

ผู้วิจัยพิทักษ์สิทธิ์ของตัวอย่าง โดยยึดหลัก 3 ประการ คือ หลักความเคารพในบุคคล หลักคุณประโยชน์ ไม่ก่ออันตราย และหลักยุติธรรม (ชมรมจริยธรรมการทำวิจัยในคนในประเทศไทย, 2550) ตั้งแต่เริ่มต้นขบวนการเก็บรวบรวมข้อมูล จนกระทั่งนำเสนอผลการวิจัย ในขั้นตอนแรกผู้วิจัยได้นำเสนอโครงการวิจัยต่อคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ ของมหาวิทยาลัย เพื่อขอความอนุเคราะห์ในการพิจารณาด้านจริยธรรมของโครงการวิจัย เมื่อได้รับการพิจารณาแล้วจึงดำเนินการศึกษากับกลุ่มตัวอย่าง ในการขอความร่วมมือกับกลุ่มตัวอย่างนั้น ผู้วิจัยได้อธิบายเกี่ยวกับการวิจัย แจ้งวัตถุประสงค์ ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับและมีการลงนามยินยอมในการเข้าร่วมงานวิจัย กลุ่มตัวอย่างสามารถออกจากการวิจัยครั้งนี้ได้ตลอดช่วงการศึกษาวิจัย และข้อมูลที่ได้จะถูกวิเคราะห์และนำเสนในทางวิชาการในภาพรวมเท่านั้น ส่วนแบบประเมินที่ใช้ในงานวิจัยนี้จะถูกทำลายทิ้งด้วยเครื่องทำลายเอกสารเมื่อสิ้นสุดการวิจัย ถ้าเกิดการบาดเจ็บทางด้านร่างกายหรือด้านจิตใจโดยมีผลมาจากการกระทำในวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจะเป็นผู้รับผิดชอบในการรักษา อีกทั้งผู้วิจัยดำเนินการขอรับรองจริยธรรมการวิจัย จากคณะกรรมการจริยธรรมเกี่ยวกับการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัย เมื่อได้รับการรับรองแล้ว ผู้วิจัยจึงขอความยินยอมการเข้าร่วมการวิจัยจากกลุ่มตัวอย่างโดยเอกสารยินยอมเข้าร่วมวิจัยก่อนดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลและชี้แจงข้อมูลให้แก่กลุ่มตัวอย่างทราบถึงสิทธิ์ในการยอมรับหรือปฏิเสธการเข้าร่วมวิจัยในครั้งนี้ เมื่อกลุ่มตัวอย่างมีความประสงค์ถอนตัวจากการเป็นกลุ่มตัวอย่าง สามารถที่จะแจ้งให้กับผู้ดำเนินการวิจัยทราบได้

บทที่ 4
ผลการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้ ได้ทำการศึกษาประสิทธิผลของวัสดุห่อหุ้มด้ามจับเพื่อลดความเสี่ยงที่มือและแขนในพนักงานควบคุมเครื่องตบดินแบบกระโดด ซึ่งมีการใช้งานเครื่องตบดินแบบกระโดด โดยทำการศึกษาค่าความสั่นสะเทือน แรงบีบมือ อาการผิดปกติและความพึงพอใจต่อวัสดุห่อหุ้มด้ามจับของกลุ่มตัวอย่างที่ใช้เครื่องตบดินแบบกระโดด ที่ทำงานกับการปรับพื้นที่เพื่อการเตรียมก่อสร้างอาคารโรงงาน โดยการตรวจวัดประเมินทั้งก่อนและหลังการติดตั้งวัสดุห่อหุ้มด้ามจับ ซึ่งผลการวิจัยแบ่งออกเป็น 5 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลส่วนบุคคลของกลุ่มตัวอย่าง

ส่วนที่ 2 เปรียบเทียบค่าความสั่นสะเทือน ก่อนและหลังการใช้วัสดุห่อหุ้มด้ามจับ

ส่วนที่ 3 เปรียบเทียบแรงบีบมือ ก่อนและหลังการใช้วัสดุห่อหุ้มด้ามจับ

ส่วนที่ 4 เปรียบเทียบอาการผิดปกติ ก่อนและหลังการใช้วัสดุห่อหุ้มด้ามจับ

ส่วนที่ 5 ความพึงพอใจต่อการใช้วัสดุห่อหุ้มด้ามจับ

ส่วนที่ 1 ข้อมูลส่วนบุคคลของกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างในการศึกษาครั้งนี้เป็นพนักงานที่ทำงานในการควบคุมเครื่องตบดินแบบกระโดดงานก่อสร้างโดยมีคุณลักษณะทางด้านข้อมูลส่วนบุคคล พบว่า เป็นเพศชายทั้ง 10 คน มีอายุอยู่ระหว่าง 20-29 ปี จำนวน 6 คน(ร้อยละ 60) มีอายุอยู่ระหว่าง 30-39 ปี จำนวน 3 คน (ร้อยละ 30) และมีอายุ 50 ปีขึ้นไป จำนวน 1 คน (ร้อยละ 10) น้ำหนักตัวน้อยกว่า 50 กิโลกรัม จำนวน 2 คน (ร้อยละ 20) น้ำหนักตัวอยู่ระหว่าง 50-59 กิโลกรัม จำนวน 3 คน (ร้อยละ 30) น้ำหนักตัว อยู่ระหว่าง 70-79 จำนวน 2 คน (ร้อยละ 20) และมีน้ำหนักตัวอยู่ระหว่าง 80 ขึ้นไป จำนวน 3 คน (ร้อยละ 30) ซึ่งมีประสบการณ์ในการทำงานกับเครื่องตบดินแบบกระโดดสูงสุดในช่วง 1-2 ปี จำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 50 รองลงมา คือน้อยกว่า 1 ปี จำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 40 และน้อยที่สุดคือ 2-3 ปี จำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 10 โดยมีระยะเวลาที่สัมผัสความสั่นสะเทือนจากเครื่องตบดินเป็น เวลา 4 ชั่วโมง จำนวน 2 คน (ร้อยละ 20) ระยะเวลา 5 ชั่วโมง จำนวน 3 คน (ร้อยละ 30) ระยะเวลา 6 ชั่วโมง จำนวน 2 คน (ร้อยละ 20) ระยะเวลา 7 ชั่วโมง 2 คน (ร้อยละ 20) และระยะเวลา 8 ชั่วโมง จำนวน 1 คน (ร้อยละ 10) ดังรายละเอียดในตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 จำนวนและร้อยละของข้อมูลส่วนบุคคลของกลุ่มตัวอย่าง

ข้อมูลทั่วไป	จำนวน (n = 10)	ร้อยละ
เพศ		
-ชาย	10	100
อายุ		
- น้อยกว่า 20 ปี		
- อายุ 20-29 ปี	6	60
- อายุ 30-39 ปี	3	30
- อายุ 40-49 ปี	-	-
- อายุ 50 ปี ขึ้นไป	1	10
อายุเฉลี่ย (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) เท่ากับ 3.12 (8.56) ปี		
น้ำหนัก		
- น้อยกว่า 50 ก.ก	2	20
- 50-59 ก.ก	3	30
- 60-69 ก.ก	-	-
- 70-79 ก.ก	2	20
- 80 ก.ก ขึ้นไป	3	30
น้ำหนักเฉลี่ย (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) เท่ากับ 67.2 (16.16) กิโลกรัม		
ประสบการณ์การทำงาน		
- น้อยกว่า 1 ปี	4	40
- 1-2 ปี	5	50
- 2-3 ปี	1	10
ประสบการณ์การทำงานเฉลี่ย (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) เท่ากับ 3.33 (2.08) ปี		

ตารางที่ 4-1 (ต่อ)

ข้อมูลทั่วไป	จำนวน (n = 10)	ร้อยละ
ระยะเวลาที่สัมผัส		
- 4 ชั่วโมง	2	20
- 5 ชั่วโมง	3	30
- 6 ชั่วโมง	2	20
- 7 ชั่วโมง	2	20
- 8 ชั่วโมง	1	10
ระยะเวลาเฉลี่ย (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) เท่ากับ 7.5(0.85) ชั่วโมง		

ส่วนที่ 2 การเปรียบเทียบค่าความสั่นสะเทือน ก่อนและหลังการติดตั้งวัสดุห่อหุ้มด้ามจับ

1. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลของค่าความสั่นสะเทือนที่พนักงานได้รับสัมผัสที่มือของเครื่องตบดินแบบกระโดด ก่อนและหลังการติดตั้งวัสดุห่อหุ้มด้ามจับ

จากผลการตรวจวัดค่าความเร่งความสั่นสะเทือนก่อนและหลังการใช้วัสดุห่อหุ้มด้ามจับ ปรากฏตามตารางที่ 4-2 โดยก่อนการใช้วัสดุห่อหุ้มด้ามจับมีค่าความเร่งความสั่นสะเทือนเฉลี่ยต่ำสุด เท่ากับ 4.927 m/ s^2 ค่าเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 9.368 m/ s^2 และค่าเฉลี่ยความเร่งความสั่นสะเทือนโดยรวม เท่ากับ 7.153 m/ s^2 (SD = ±1.547) หลังจากการใช้วัสดุห่อหุ้มด้ามจับมีค่าความเร่งความสั่นสะเทือนเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับ 4.199 m/ s^2 ค่าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 8.547 m/ s^2 และ ค่าเฉลี่ยความเร่งความสั่นสะเทือนโดยรวม เท่ากับ 6.509 m/ s^2 (SD = ±1.484) ดังภาพที่ 4-1

ตารางที่ 4-2 ความเร่งความสั่นสะเทือนรวม ก่อนและหลังการใช้วัสดุห่อหุ้มด้ามจับ

ตัวอย่างที่	ก่อนการใช้วัสดุ (m/ s^2)				หลังการใช้วัสดุ (m/ s^2)			
	แกน X	แกน Y	แกน Z	รวม	แกน X	แกน Y	แกน Z	รวม
เครื่องตบดินแบบกระโดดหมายเลข 7								
1.	1.551	0.758	6.751	4.927	1.501	0.676	5.925	4.348
2.	1.470	0.651	6.911	5.018	1.015	0.516	5.827	4.199
3.	1.736	0.625	7.003	5.725	0.648	0.313	6.609	5.256

ตารางที่ 4-2 (ต่อ)

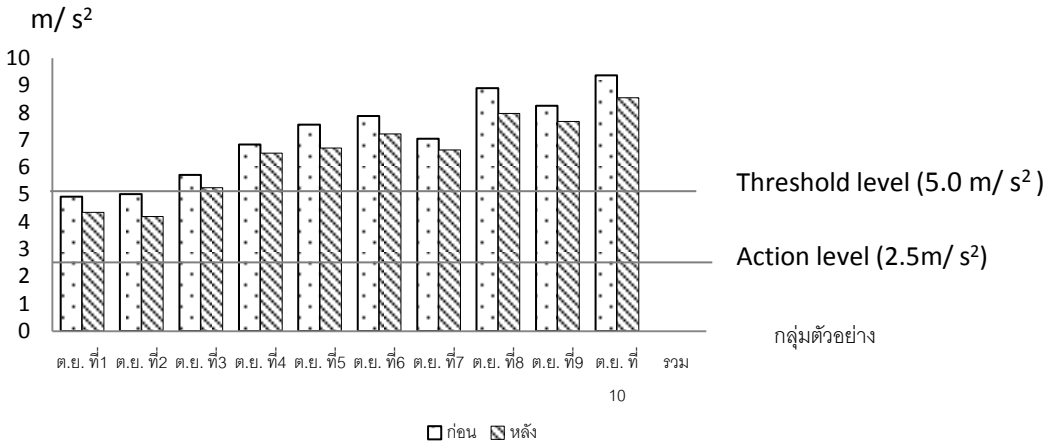
ตัวอย่างที่	ก่อนการใช้วัสดุ (m/ s^2)				หลังการใช้วัสดุ (m/ s^2)			
	แกน X	แกน Y	แกน Z	รวม	แกน X	แกน Y	แกน Z	รวม
4.	1.580	0.792	8.460	6.832	1.467	0.672	8.081	6.514
5.	1.549	0.764	9.416	7.568	1.389	0.602	8.353	6.711
เครื่องตบดินแบบกระโดดหมายเลข 4								
6.	1.309	0.807	8.973	7.884	1.104	0.590	8.244	7.222
7.	1.063	0.711	8.041	7.052	0.925	0.568	7.587	6.637
เครื่องตบดินแบบกระโดดหมายเลข 10								
8.	1.865	0.767	9.298	8.899	1.431	0.780	8.373	7.979
9.	1.856	1.011	8.867	8.257	1.297	0.795	8.068	7.680
10.	1.543	0.905	9.196	9.368	1.425	0.904	8.379	8.547
	ค่าเฉลี่ยค่าความเร่งของความสั่นสะเทือน เท่ากับ 7.153 m/ s^2 (SD = ±1.547)				ค่าเฉลี่ยค่าความเร่งของความสั่นสะเทือน เท่ากับ 6.509 m/ s^2 (SD = ±1.484)			

เมื่อนำมาเทียบกับมาตรฐานค่าความสั่นสะเทือนที่มือและแขน ตาม ISO 5349-1 กำหนดการสัมผัส 8 ชั่วโมง พบว่า ก่อนการใช้วัสดุห่อหุ้มด้ามจับ มีจำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 10 ที่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ในระดับขีดจำกัด และมีจำนวน 9 คน คิดเป็นร้อยละ 90 เกินค่ามาตรฐานที่ระดับขีดจำกัด (Daily exposure limit value) 5.0 m/ s^2

และหลังการใช้วัสดุห่อหุ้มด้ามจับพบว่า มีจำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 20 ที่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ในระดับขีดจำกัด และมีจำนวน 8 คน คิดเป็นร้อยละ 80 เกินค่ามาตรฐานที่ระดับขีดจำกัด (Daily exposure limit value) 5.0 m/ s^2

ตารางที่ 4-3 ค่าความสั่นสะเทือนก่อน-หลังการใช้วัสดุห่อหุ้มด้ามจับ เทียบกับค่ามาตรฐาน (n = 10)

ค่าความเร่งความสั่นสะเทือน เทียบกับมาตรฐาน ISO 5349-1	**ค่าเฉลี่ยความเร่งความสั่นสะเทือนโดยรวม (ก่อน)**		**ค่าเฉลี่ยความเร่งความสั่นสะเทือนโดยรวม (หลัง)**	
ความสั่นสะเทือน	**จำนวน(คน)**	**ร้อยละ**	**จำนวน(คน)**	**ร้อยละ**
น้อยกว่า 2.5 m/ s^2	0	0	0	0
2.5 m/ s^2 – 5 m/ s^2	1	10	2	20
มากกว่า 5 m/ s^2	9	90	8	80



ภาพ 4-1 ค่าความสั่นสะเทือน ก่อนและหลังการใช้วัสดุห่อหุ้มด้ามจับเทียบกับค่ามาตรฐาน

2. ผลการเปรียบเทียบข้อมูลค่าความเร่งความสั่นสะเทือนจำแนกตามแกนและความถี่

เมื่อนำค่าเฉลี่ยความเร่งความสั่นสะเทือนของทั้ง 3 แนวแกน คือ แกน X แกน Y และแกน Z ของกลุ่มตัวอย่างแยกตามความถี่ที่มีผลต่อสุขภาพ พบว่า ค่าความเร่งความสั่นสะเทือนหลังการใช้วัสดุห่อหุ้มด้ามจับส่วนใหญ่มีค่าลดลงทั้ง 3 แกน และในทุกความถี่ โดยลดลงมากที่สุดที่แกน X ที่ความถี่ 63 Hz คิดเป็น 35.79% และลดน้อยที่สุดที่ความถี่ 100 Hz คิดเป็น 1.31 % แต่ทั้งนี้พบว่า ที่ความถี่ 16 Hz มีค่าเพิ่มขึ้นในทุกแนวแกน ดังแสดงในตารางที่ 4-4

ตารางที่ 4-4 ข้อมูลค่าความเร่งความสั่นสะเทือนแต่ละความถี่แยกตามแนวแกน ก่อนและหลังการใช้วัสดุห่อหุ้มด้ามจับ

ความถี่ (Hz)	แกน X			แกน Y			แกน Z		
	ก่อน $\overline{X}$(SD)	หลัง $\overline{X}$ (SD)	% ลดลง	ก่อน $\overline{X}$ (SD)	หลัง $\overline{X}$ (SD)	% ลดลง	ก่อน $\overline{X}$ (SD)	หลัง $\overline{X}$ (SD)	% ลดลง
8	0.202(0.138)	0.133(0.113)	34.16	0.088(0.478)	0.083(0.073)	5.68	1.537(0.369)	1.244(0.470)	19.06
10	1.400(0.274)	1.085(0.284)	22.5	0.539(0.095)	0.384(0.192)	28.76	5.935(1.356)	5.457(1.168)	8.05
12.5	0.462(0.166)	0.360(0.178)	22.08	0.209(0.056)	0.220(0.125)	-5.26	2.081(0.938)	1.638(1.085)	21.29
16	0.101(0.036)	0.160(0.176)	-58.42	0.102(0.029)	0.122(0.079)	-19.61	0.746(0.369)	0.757(0.536)	-1.48
20	0.353(0.122)	0.270(0.129)	23.51	0.384(0.141)	0.269(0.117)	29.95	2.318(0.928)	1.905(1.125)	17.82
25	0.164(0.043)	0.116(0.055)	29.27	0.170(0.072)	0.162(0.086)	4.71	1.507(0.916)	1.551(0.767)	-2.92
31.5	0.316(0.076)	0.258(0.110)	18.35	0.303(0.130)	0.273(0.136)	9.90	2.793(0.692)	2.425(0.706)	13.18
40	0.394(0.082)	0.328(0.112)	16.75	0.292(0.120)	0.266(0.105)	8.90	4.394(2.261)	3.536(2.168)	19.53
50	0.817(0.207)	0.592(0.253)	27.54	0.520(0.254)	0.426(0.186)	18.08	8.602(1.362)	7.879(1.779)	8.41
63	1.154(0.336)	0.741(0.439)	35.79	0.875(0.224)	0.601(0.250)	31.31	9.180(0.834)	8.766(0.690)	4.51
80	0.753(0.154)	0.579(0.146)	23.11	0.651(0.107)	0.595(0.112)	8.60	7.881(1.385)	7.514(1.339)	4.66
100	0.381(0.066)	0.376(0.116)	1.31	0.531(0.073)	0.462(0.103)	12.99	5.110(0.756)	4.628(1.283)	9.43

3. การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความสั่นสะเทือนโดยรวม

3.1 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความเร่งความสั่นสะเทือนโดยรวมผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)ความเร่งความสั่นสะเทือนก่อนและหลังของการใช้วัสดุห่อหุ้มด้ามจับ พบว่า ก่อนการใช้วัสดุห่อหุ้มด้ามจับมีค่าเท่ากับ 7.153 m/ s^2 (SD = ±1.547) และหลังของการใช้วัสดุห่อหุ้มด้ามจับ 6.509 m/ s^2 (SD = ±1.484) ค่าเฉลี่ยความเร่งความสั่นสะเทือนหลังการใช้วัสดุห่อหุ้มด้ามจับมีค่าน้อยกว่าก่อนการใช้วัสดุห่อหุ้มด้ามจับ โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ดังแสดงในตารางที่ 4-5

ตารางที่ 4-5 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างค่าความเร่งความสั่นสะเทือนโดยรวม ก่อนและหลังการใช้วัสดุห่อหุ้มด้ามจับ

ค่าความเร่งของความสั่นสะเทือนโดยรวม	n	$\bar{X}$	SD	z	P-value
ก่อนการใช้วัสดุ	10	7.153	1.547	-2.803	0.005*
หลังการใช้วัสดุ	10	6.509	1.484		

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

3.2 เปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยความเร่งความสั่นสะเทือนในแต่ละความถี่ก่อนและหลังการใช้วัสดุห่อหุ้มด้ามจับ

ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความเร่งความสั่นสะเทือนของแต่ละความถี่ พบว่า ก่อนและหลังการใช้วัสดุห่อหุ้มด้ามจับมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยพบในแกน X ที่ความถี่ 8Hz, 10Hz, 12.5Hz, 20Hz, 25Hz, 31.5Hz, 40Hz, 50Hz, 63Hz และ 80Hz ในแกน Y ที่ความถี่ 10Hz, 20Hz และ 63Hz ในแกน Z ที่ความถี่ 8Hz, 10Hz, 12.5Hz, 20Hz, 40Hz, 50Hz, 63Hz และ 80Hz หากพิจารณาตามที่สามารถลดได้ทั้ง 3 แนวแกน คือที่ความถี่ 10 Hz, 20Hz, 63Hz ดังแสดงในตารางที่ 4-6

ตารางที่ 4-6 ผลเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยความเร่งความสั่นสะเทือนในแต่ละความถี่ก่อนและหลังการใช้วัสดุห่อหุ้มด้ามจับ

ความถี่	ค่าความเร่งความสั่นสะเทือน (m/ s^2)					
	แกน X		แกน Y		แกน Z	
	$\bar{X}$(SD)	P-value	$\bar{X}$(SD)	P-value	$\bar{X}$ (SD)	P-value
8 Hz						
ก่อน	0.202	0.005*	0.088	0.646	1.540	0.047*
	(0.138)		(0.048)		(0.369)	
หลัง	0.133		0.084		1.245	
	(0.113)		(0.073)		(0.470)	

ตารางที่ 4-6 (ต่อ)

ความถี่	ค่าความเร่งความสั่นสะเทือน (m/ s^2)					
	แกน X		แกน Y		แกน Z	
	$\bar{x}$(SD)	P-value	$\bar{x}$(SD)	P-value	$\bar{x}$ (SD)	P-value
10 Hz						
ก่อน	1.400	0.005*	0.540	0.009*	5.935	0.005*
	(0.274)		(0.095)		(1.356)	
หลัง	1.086		0.384		5.457	
	(0.284)		(0.192)		(1.168)	
12.5 Hz						
ก่อน	0.462	0.008*	0.209	1.000	2.08	0.017*
	(0.166)		(0.056)		(0.938)	
หลัง	0.360		0.220		1.638	
	(0.178)		(0.125)		(1.085)	
16 Hz						
ก่อน	0.101	0.386	0.102	0.953	0.746	0.721
	(0.362)		(0.029)		(0.369)	
หลัง	0.160		0.122		0.757	
	(0.176)		(0.079)		(0.536)	
20 Hz						
ก่อน	0.353	0.022*	0.384	0.022*	2.318	0.008*
	(0.122)		(0.141)		(0.928)	
หลัง	0.270		0.269		1.905	
	(0.130)		(0.117)		(1.125)	
25 Hz						
ก่อน	0.164	0.005*	0.170	0.161	1.453	0.575
	(0.043)		(0.072)		(0.917)	
หลัง	0.116		0.162		1.551	
	(0.055)		(0.086)		(0.767)	

ตารางที่ 4-6 (ต่อ)

ความถี่	ค่าความเร่งความสั่นสะเทือน (m/ s^2)					
	แกน X		แกน Y		แกน Z	
	$\bar{x}$(SD)	P-value	$\bar{x}$(SD)	P-value	$\bar{x}$ (SD)	P-value
31.5 Hz						
ก่อน	0.316	0.007*	0.303	0.093	2.793	0.051
	(0.763)		(0.130)		(0.692)	
หลัง	0.256		0.273		2.425	
	(0.110)		(0.136)		(0.706)	
40 Hz						
ก่อน	0.400	0.005*	0.292	0.173	4.394	0.008*
	(0.822)		(0.120)		(2.261)	
หลัง	0.328		0.267		3.536	
	(0.111)		(0.105)		(2.168)	
50 Hz						
ก่อน	0.817	0.007*	0.520	0.066	8.602	0.005*
	(0.208)		(0.254)		(1.362)	
หลัง	0.590		0.426		7.879	
	(0.253)		(0.186)		(1.779)	
63 Hz						
ก่อน	1.154	0.005*	0.875	0.005*	9.180	0.007*
	(0.336)		(0.224)		(0.834)	
หลัง	0.741		0.601		8.766	
	(0.440)		(0.250)		(0.690)	
80 Hz						
ก่อน	0.750	0.005*	0.651	0.051	7.881	0.047*
	(0.154)		(0.107)		(1.385)	
หลัง	0.580		0.595		7.514	
	(0.146)		(0.112)		(1.339)	

ตารางที่ 4-6 (ต่อ)

ความถี่	ค่าความเร่งความสั่นสะเทือน (m/ s^2)					
	แกน X		แกน Y		แกน Z	
	$\bar{x}$(SD)	P-value	$\bar{x}$(SD)	P-value	$\bar{x}$ (SD)	P-value
100 Hz						
ก่อน	0.381	0.333	0.531	0.086	5.110	0.327
	(0.662)		(0.073)		(0.756)	
หลัง	0.376		0.462		4.628	
	(0.116)		(0.103)		(1.283)	

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ส่วนที่ 3 การเปรียบเทียบแรงบีบมือ ก่อนและหลังการใช้วัสดุห่อหุ้มด้ามจับ

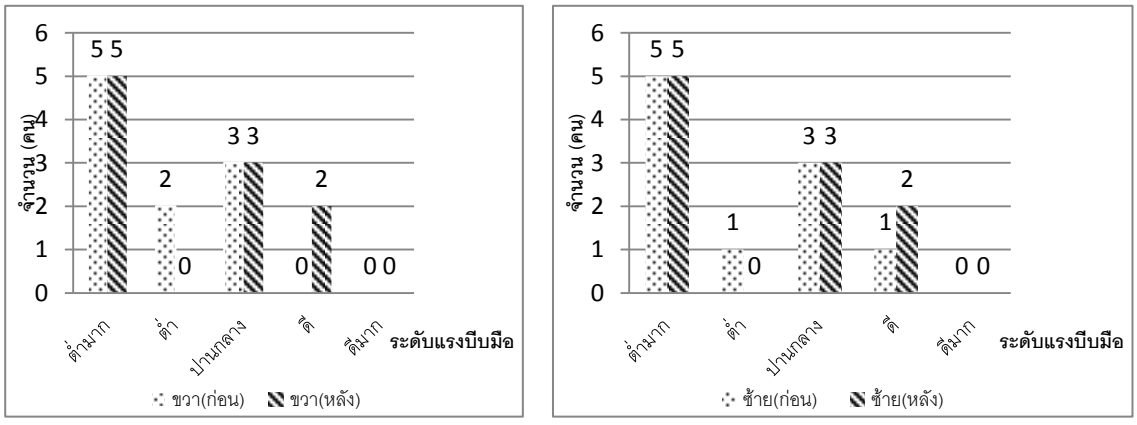
1. ผลการประเมินแรงบีบมือ ก่อนและหลังการใช้วัสดุห่อหุ้มด้ามจับ

จากผลการประเมินแรงบีบมือก่อนการใช้วัสดุห่อหุ้มด้ามจับ พบว่า ที่มือข้างขวา มีระดับแรงบีบมือในระดับ ปานกลาง จำนวน 3 คน (ร้อยละ 30) ระดับแรงบีบมือในระดับ ต่ำ จำนวน 2 คน (ร้อยละ 20) และระดับแรงบีบมือในระดับ ต่ำมาก จำนวน 5 คน (ร้อยละ 50) ส่วนแรงบีบมือข้างซ้าย ระดับแรงบีบมือในระดับ ดี จำนวน 1 คน (ร้อยละ 10) ระดับแรงบีบมือในระดับปานกลาง จำนวน 3 คน (ร้อยละ 30) ระดับแรงบีบมือในระดับ ต่ำ จำนวน 1 คน (ร้อยละ 10) และระดับแรงบีบมือในระดับ ต่ำมาก จำนวน 5 คน (ร้อยละ 50)

ผลการประเมินแรงบีบมือหลังการใช้วัสดุห่อหุ้มด้ามจับ พบว่า ทั้งมือข้างขวาและมือซ้าย มีระดับแรงบีบมือในระดับ ดี จำนวน 2 คน (ร้อยละ 20) ระดับแรงบีบมือในระดับ ปานกลาง จำนวน 3 คน (ร้อยละ 30) และระดับแรงบีบมือในระดับ ต่ำมาก จำนวน 5 คน (ร้อยละ 50) ดังรายละเอียดในตาราง 4-7 และภาพที่ 4-2

ตารางที่ 4-7 จำนวนและร้อยละของกลุ่มตัวอย่างจำแนกตามผลการประเมินระดับแรงบีบมือ ก่อนและหลังการใช้วัสดุห่อหุ้มด้ามจับ

ระดับแรงบีบมือ	ก่อนการใช้วัสดุห่อหุ้มด้ามจับ		หลังการใช้วัสดุห่อหุ้มด้ามจับ	
	จำนวน (n = 10)	ร้อยละ	จำนวน (n = 10)	ร้อยละ
(ข้างขวา)				
ดีมาก	-	-	-	-
ดี	-	-	2	20
ปานกลาง	3	30	3	30
ต่ำ	2	20	-	-
ต่ำมาก	5	50	5	50
(ข้างซ้าย)				
ดีมาก	-	-	-	-
ดี	1	10	2	20
ปานกลาง	3	30	3	30
ต่ำ	1	10	-	-
ต่ำมาก	5	50	5	50



ภาพ 4-2 ผลการประเมินระดับแรงบีบมือ ก่อนและหลังการใช้วัสดุห่อหุ้มด้ามจับ

4. ผลการเปรียบแรงบีบมือ ก่อนและหลังการใช้วัสดุห่อหุ้มด้ามจับ

จากข้อมูลผลการวิเคราะห์ทางสถิติที่ใช้เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) แรงบีบมือก่อนและหลังการใช้วัสดุห่อหุ้มด้ามจับ พบว่า ข้างขวา มีค่าเท่ากับ 2.000 (0.943) และ 3.100 (0.876) ข้างซ้าย มีค่าเท่ากับ 2.500 (1.179) และ 3.100 (1.179) ตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแรงบีบมือก่อนและหลังของการใช้วัสดุห่อหุ้มด้ามจับ พบว่า ค่าเฉลี่ยแรงบีบมือหลังการใช้วัสดุห่อหุ้มด้ามจับมีค่ามากกว่าก่อนการใช้วัสดุห่อหุ้มด้ามจับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ทั้งมือขวาและมือซ้าย ดังรายละเอียดในตารางที่ 4-8

ตารางที่ 4-8 ผลการเปรียบเทียบแรงบีบมือ ก่อนและหลังการใช้วัสดุห่อหุ้มด้ามจับ (n = 10)

แรงบีบมือ (กก./ น.น. ตัว)	$\bar{x}$	SD	z	P-value
มือข้างขวา				
ก่อน	2.00	0.943	-3.051	0.002*
หลัง	3.10	0.876		
มือข้างซ้าย				
ก่อน	2.50	1.179	-2.449	0.014*
หลัง	3.10	0.876		

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ส่วนที่ 4 เปรียบเทียบอาการผิดปกติที่มือและแขนก่อนและหลังการใช้วัสดุห่อหุ้มด้ามจับ

1. อาการผิดปกติในการสัมผัสความสั่นสะเทือนเฉพาะที่มือและแขน ก่อนการใช้วัสดุห่อหุ้มด้ามจับ

ผลการประเมินอาการผิดปกติที่มือและแขน พบว่า ในทั้ง 3 อาการผิดปกติใน 3 อวัยวะ มีระดับความรุนแรงอยู่ในระดับน้อยจนถึงมาก จากคะแนนเฉลี่ย (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) พบว่า ความรู้สึกชาที่บริเวณมือและข้อมือ โดยมีคะแนนเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 3.70 (± 0.483) รองลงมาคือ ความรู้สึกกล้ามเนื้ออ่อนแรง ที่บริเวณมือและข้อมือ เท่ากับ 3.60 (±0.699) และน้อยที่สุดคือ ความรู้สึกปวดบริเวณมือและข้อมือ ไหล่/ บ่า เท่ากับ 3.10 (±0.568) การประเมินระยะเวลาที่เริ่มมีอาการ พบว่า ระยะเวลาที่เริ่มมีอาการทันทีคือ ความรู้สึกชามือและแขน ข้อศอก จำนวน 8 คน ร้อยละ 80 และความรู้สึกกล้ามเนื้ออ่อนแรงที่มือและแขน จำนวน 80 คน ร้อยละ 80 สำหรับ

ระยะเวลาเริ่มมีอาการใน 7 วันที่ผ่านมานั้น พบว่า มีความรู้สึกปวดที่บริเวณไหล่/ บ่า และข้อศอก 7 คน ร้อยละ 70 ดังรายละเอียดในตารางที่ 4-9

ตารางที่ 4-9 ความรุนแรงของอาการผิดปกติบริเวณต่าง ๆ ของร่างกายก่อนการใช้วัสดุห่อหุ้มด้ามจับ (n = 10)

อาการผิดปกติ	$\bar{X}$ (SD)	ระดับความรุนแรง จำนวน (ร้อยละ) n = 10					ระยะเวลาเริ่มมีอาการ	
		ไม่มีอาการ	น้อย	ปานกลาง	มาก	รุนแรง	ทันที	7 วันที่ผ่านมา
ความรู้สึกปวด								
1. มือและข้อมือ	3.10 (0.568)	-	1 (10)	7 (70)	2 (20)	-	4 (40.00)	6 (60.00)
2. บ่า/ ไหล่	3.10 (0.568)	-	1 (10)	7 (70)	2 (20)	-	3 (30.00)	7 (70.00)
3. ข้อศอก	2.90 (0.738)	-	3 (30)	5 (50)	2 (20)	-	3 (30.00)	7 (70.00)
ความรู้สึกชา								
1. มือและข้อมือ	3.70 (0.483)	-	-	3 (30)	7 (70)	-	8 (80.00)	2 (20.00)
2. บ่า/ ไหล่	3.40 (0.699)	-	1 (10)	4 (40)	5 (50)	-	6 (60.00)	4 (40.00)
3. ข้อศอก	3.30 (0.675)	-	1 (10)	5 (50)	4 (40)	-	8 (80.00)	2 (20.00)
ความรู้สึกกล้ามเนื้ออ่อนแรง								
1. มือและข้อมือ	3.60 (0.699)	-	1 (10)	2 (20)	7 (70)	-	8 (80.00)	2 (20.00)
2. บ่า/ ไหล่	3.30 (0.823)	-	2 (20)	3 (30)	5 (50)	-	6 (60.00)	4 (40.00)
3. ข้อศอก	3.10 (0.876)	-	3 (30)	3 (30)	4 (40)	-	5 (50.00)	5 (50.00)

2. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลอาการผิดปกติในการสัมผัสความสั่นสะเทือนที่มือและแขนหลังการใช้วัสดุห่อหุ้มด้ามจับ

ผลการประเมินอาการผิดปกติ พบว่า ในทั้ง 3 อาการผิดปกติใน 3 อวัยวะ มีระดับความรุนแรงอยู่ในระดับไม่มีอาการจนถึงมาก จากคะแนนเฉลี่ย (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) พบว่า ความรู้สึกกล้ามเนื้ออ่อนแรงที่บริเวณมือและข้อมือ และไหล่/ บ่า โดยมีคะแนนเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 2.80 (± 0.919) รองลงมาคือ ความรู้สึกชา ที่บริเวณมือและข้อมือ เท่ากับ 2.60 (±0.699) และไหล่/ บ่า เท่ากับ 2.60 (±0.843) ดังรายละเอียดในตารางที่ 4-10

ตารางที่ 4-10 ความรุนแรงของอาการผิดปกติบริเวณต่างๆของร่างกายหลังการใช้วัสดุห่อหุ้มด้ามจับ (n = 10)

อวัยวะที่มีอาการผิดปกติ	$\bar{X}$(SD)	ระดับความรุนแรงที่มีอาการผิดปกติ จำนวน (ร้อยละ)				
		ไม่มีอาการ	น้อย	ปานกลาง	มาก	รุนแรง
ความรู้สึกปวด						
1. มือและข้อมือ	2.50 (0.527)	-	5 (50)	5 (50)	-	-
2. บ่า/ ไหล่	2.50 (0.850)	1 (10)	4 (40)	4 (40)	1 (10)	-
3. ข้อศอก	2.10 (0.568)	1 (10)	7 (70)	2 (20)	-	-
ความรู้สึกชา						
1. มือและข้อมือ	2.60 (0.699)	-	5 (50)	4 (40)	1 (10)	-
2. บ่า/ ไหล่	2.60 (0.843)	1 (10)	3 (30)	5 (50)	1 (10)	-
3. ข้อศอก	2.10 (0.568)	1 (10)	7 (70)	2 (20)	-	-
ความรู้สึกกล้ามเนื้ออ่อนแรง						
1. มือและข้อมือ	2.70 (0.675)	-	4 (40)	5 (50)	1 (10)	-
2. บ่า/ ไหล่	2.80 (0.919)	1 (10)	2 (20)	5 (50)	2 (20)	-
3. ข้อศอก	2.30 (0.675)	1 (10)	5 (50)	4 (40)	-	-

2. ผลเปรียบเทียบข้อมูลอาการผิดปกติในการสัมผัสความสั่นสะเทือนที่มือและแขนก่อนและหลังการใช้วัสดุห่อหุ้มด้ามจับ

ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของอาการผิดปกติ ในการรับสัมผัสกับความสั่นสะเทือนที่บริเวณมือและแขน เมื่อมีการทำงานกับเครื่องตบดินแบบกระโดด พบว่า ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ ของความรู้สึกปวด ความรู้สึกชา และความรู้สึกกล้ามเนื้ออ่อนแรง ที่บริเวณอวัยวะที่รับสัมผัสได้แก่ มือและข้อมือ ไหล่ และข้อศอก ก่อนและหลังการใช้วัสดุห่อหุ้มด้ามจับมีความแตกต่างกัน ซึ่งค่าเฉลี่ยหลังการใช้วัสดุห่อหุ้มด้ามจับมีค่าน้อยกว่าก่อนการใช้วัสดุห่อหุ้มด้ามจับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แสดงให้เห็นว่า หลังการใช้วัสดุห่อหุ้มด้ามจับเพื่อลดความเสี่ยงที่มือและแขน มีผลต่ออาการผิดปกติที่มือและแขนในการรับสัมผัสความสั่นสะเทือนลดลง

ตารางที่ 4-11 ผลการเปรียบเทียบอาการผิดปกติที่มือและแขนบริเวณต่าง ๆ ของร่างกายก่อนและหลังการใช้วัสดุ ห่อหุ้มด้ามจับ (n = 10)

อวัยวะที่มีอาการผิดปกติ	ก่อน		หลัง		z	P-value
	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD		
ความรู้สึกปวด						
1. มือและข้อมือ	3.10	0.568	2.50	0.527	-2.449	0.014*
2. บ่า/ ไหล่	3.10	0.568	2.50	0.850	-2.121	0.034*
3. ข้อศอก	2.90	0.738	2.10	0.568	-2.126	0.033*
ความรู้สึกชา						
1. มือและข้อมือ	3.70	0.483	2.60	0.699	-2.598	0.009*
2. บ่า/ ไหล่	3.40	0.699	2.60	0.843	-2.309	0.021*
3. ข้อศอก	3.30	0.675	2.10	0.568	-2.762	0.006*
ความรู้สึกกล้ามเนื้ออ่อนแรง						
1. มือและข้อมือ	3.60	0.699	2.70	0.675	-2.310	0.021*
2. บ่า/ ไหล่	3.30	0.823	2.80	0.919	-2.236	0.025*
3. ข้อศอก	3.10	0.876	2.30	0.675	-2.530	0.011*

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ส่วนที่ 5 ความพึงพอใจต่อวัสดุห่อหุ้มด้ามจับ

คะแนนค่าเฉลี่ย (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) ความพึงพอใจต่อการใช้วัสดุห่อหุ้มด้ามจับ พบว่า หลังการใช้วัสดุห่อหุ้มด้ามจับ 1 สัปดาห์ มีความพึงพอใจโดยรวมเท่ากับ 4.00 (± 0.667) จัดอยู่ในระดับมาก ซึ่งไม่มีความรู้สึกรำคาญต่อวัสดุห่อหุ้มด้ามจับเท่ากับ 4.20 (± 0.789) จัดอยู่ในระดับมากที่สุด มีขนาดเหมาะสมกับการใช้งานเท่ากับ 3.50 (±0.972) จัดอยู่ในระดับมาก วัสดุที่เลือกใช้เป็นวัสดุห่อหุ้มด้ามจับมีเหมาะสมเท่ากับ 4.30 (±0.823) จัดอยู่ในระดับมากที่สุด วัสดุห่อหุ้มด้ามจับทำให้ปฏิบัติงานดีขึ้นเท่ากับ 4.00 (±0.817) จัดอยู่ในระดับมาก วัสดุห่อหุ้มด้ามจับช่วยให้ท่านคล่องตัวเท่ากับ 3.60 (±1.430) จัดอยู่ในระดับมาก และวัสดุห่อหุ้มด้ามจับไม่เป็นอุปสรรคขัดขวางการทำงานเท่ากับ 3.80 (±0.633) จัดอยู่ในระดับมาก ดังแสดงในตารางที่ 4-12

ตารางที่ 4-12 ระดับความพึงพอใจต่อวัสดุห่อหุ้มด้ามจับ

ความพึงพอใจ	ระดับความพึงพอใจ จำนวน (ร้อยละ) n = 10					$\bar{X}$ (SD)	ระดับ
	น้อยที่สุด	น้อย	ปานกลาง	มาก	มากที่สุด		
1. ไม่มีความรู้สึกรำคาญต่อวัสดุห่อหุ้มด้ามจับ	-	-	2 (20)	4 (40)	4 (40)	4.20 (0.789)	มากที่สุด
2. มีขนาดเหมาะสมกับการใช้งาน	-	1 (10)	5 (50)	2 (20)	2 (20)	3.50 (0.972)	มาก
3. วัสดุที่เลือกใช้เป็นวัสดุห่อหุ้มด้ามจับมีเหมาะสม	-	-	2 (20)	3 (30)	5 (50)	4.30 (0.823)	มากที่สุด
4. วัสดุห่อหุ้มด้ามจับทำให้ปฏิบัติงานดีขึ้น	-	-	3 (30)	4 (40)	3 (30)	4.00 (0.817)	มาก
5. วัสดุห่อหุ้มด้ามจับช่วยให้ท่านคล่องตัว	1 (10)	1 (10)	3 (30)	1 (10)	4 (40)	3.60 (1.430)	มาก
6. วัสดุห่อหุ้มด้ามจับไม่เป็นอุปสรรคขัดขวางการทำงาน	-	-	3 (30)	6 (60)	1 (10)	3.80 (0.633)	มาก
7. ความพึงพอใจโดยรวมต่อวัสดุห่อหุ้มด้ามจับ	-	-	2 (20)	6 (60)	2 (20)	4.00 (0.667)	มาก

บทที่ 5
สรุป อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi-experimental search) แบบกลุ่มทดลองกลุ่มเดียววัดผลก่อนและหลังการทดลอง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบค่าความสั่นสะเทือนและความเสี่ยงที่มือและแขน ที่สัมผัสความสั่นสะเทือน โดยทำการวัดค่าความเร่งความสั่นสะเทือนที่มือและแขนก่อนและหลัง ด้วยเครื่องมือวัดความสั่นสะเทือนที่มือและแขน รุ่นVI-410 Serial No. 21729/ Sensor: 8692 วัดแรงบีบมือก่อนและหลัง ด้วยเครื่องทดสอบแรงบีบมือ รุ่น TKK 5001 Serial No.72120277 ประเมินอาการผิดปกติที่มือและแขนก่อนและหลัง ด้วยแบบสอบถามNMQ พร้อมทั้งศึกษาความพึงพอใจต่อวัสดุห่อหุ้มด้ามจับ ด้วยแบบสอบถามความพึงพอใจ ทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยหาร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างความเสี่ยงก่อนและหลังการใช้วัสดุห่อหุ้มด้ามจับด้วยสถิติทดสอบ Wilcoxom Signed-Ranks Test สามารถสรุปได้ดังนี้

สรุปผลการวิจัย

1. การเปรียบเทียบค่าความเร่งความสั่นสะเทือน ก่อนและหลังการใช้วัสดุห่อหุ้มด้ามจับ

1.1 การประเมินความเสี่ยงการรับสัมผัสที่มือและแขน ของเครื่องตบดินแบบกระโดดเทียบตาม ISO 5349-1 กำหนดการสัมผัส 8 ชั่วโมง สำหรับระดับที่ต้องดำเนินการ 2.5 m/ s^2 และระดับขีดจำกัด 5.0 m/ s^2 โดยก่อนการใช้วัสดุห่อหุ้มด้ามจับ พบว่า มีเพียง 1 คน คิดเป็นร้อยละ 10 ที่ มีค่าความเร่งความสั่นสะเทือน เท่ากับ 4.927 m/ s^2 ในเครื่องตบดินหมายเลข 7 อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน โดยค่าเฉลี่ยความเร่งความสั่นสะเทือนทั้งหมดโดยรวม เท่ากับ 7.153 m/ s^2 (รวมความถี่และแนวแกน) และหลังการใช้วัสดุห่อหุ้มด้ามจับ พบว่า มีค่าความเร่งความสั่นสะเทือนอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน จำนวน 2 คน เพิ่มขึ้นจากก่อนการใช้วัสดุห่อหุ้มด้ามจับ จำนวน 1 คน ในเครื่องตบดินหมายเลข 7 เช่นเดียวกัน ซึ่งมีค่า เท่ากับ 4.348 m/ s^2 และ 4.199 m/ s^2 โดยมีค่าเฉลี่ยความเร่งความสั่นสะเทือนทั้งหมดโดยรวม เท่ากับ 6.509 m/ s^2 สามารถค่าความสั่นสะเทือนให้ลดลง ได้ 9.00 % แต่ยังอยู่ในระดับที่ต้องดำเนินการแก้ไขหรือควบคุมความสั่นสะเทือนให้มีการรับสัมผัสน้อยลง ต้องมีการเฝ้าระวัง หรือหมุนเวียนพนักงานโดยการจำกัดเวลาที่เหมาะสม (Efstratiou et al., 2007)

1.2 เมื่อวิเคราะห์จำแนกตามความถี่ของค่าความเร่งความสั่นสะเทือนที่มือและแขนของการรับสัมผัสเครื่องตบดินแบบกระโดดที่ความถี่ 8-100 Hz จากผลของค่าเฉลี่ยทั้งหมดจำนวน 10 ตัวอย่าง พบว่า ค่าความเร่งความสั่นสะเทือนที่มือและแขนที่ความถี่ 8-100 Hz มีค่าลดลง โดยในแกน X ลดลงสูงสุด 35.79 % ที่ความถี่ 63 Hz และลดลงน้อยที่สุด 1.31 ที่ความถี่ 100 Hz แกน Y ลดลงสูงสุด 31.31 % ที่ความถี่ 63 Hz และลดลงน้อยที่สุด 5.68 ที่ความถี่ 8 Hz แกน Z ลดลงสูงสุด 21.29 % ที่ความถี่ 12.5 Hz และลดลงน้อยที่สุด 4.51 ที่ความถี่ 63 Hz แต่พบว่า ที่ความถี่ 16 Hz มีค่าเพิ่มขึ้นในทุกแนวแกน

1.3 เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าความเร่งความสั่นสะเทือนโดยรวม ที่มือและแขน ก่อนและหลังใช้วัสดุห่อหุ้มด้ามจับ โดยใช้สถิติทดสอบ Wilcoxom Signed-Ranks Test พบว่า ผลการตรวจวัดค่าความเร่งความสั่นสะเทือนลดลงและมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 ซึ่งสอดคล้องกับสมมุติฐานที่ตั้งไว้ สำหรับการเปรียบเทียบความแตกต่างตามความถี่ ก่อนและหลังใช้วัสดุห่อหุ้มด้ามจับ ในทั้ง3 แนวแกนพบที่ความถี่ 10 Hz, 20Hz, 63Hz

2. การเปรียบเทียบค่าแรงบีบมือ ก่อนและหลังการใช้วัสดุห่อหุ่มด้ามจับ

2.1 แรงบีบมือของพนักงานควบคุมเครื่องตบดินแบบกระโดด ก่อนการใช้วัสดุห่อหุ้มด้ามจับโดยทำการวัดแรงมือทั้งมือขวาและมือซ้าย หลักเลิกงานทันที พบว่า มีระดับแรงบีบมือสูงสุดในมือซ้าย มีจำนวน 1 คนที่มีระดับแรงบีบมือ ดี คิดเป็นร้อยละ 10

2.2 แรงบีบมือหลังการใช้วัสดุห่อหุ้มด้ามจับ 7 วัน วัดในช่วงเวลาหลังเลิกทันที พบว่า มีระดับแรงบีบมือสูงสุดในทั้งมือขวาและมือซ้าย มีจำนวน 2 คนที่มีระดับแรงบีบมือ ดี คิดเป็นร้อยละ 20

2.3 เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างแรงบีบมือทั้งมือขวาและมือซ้าย ก่อนและหลังใช้วัสดุห่อหุ้มด้ามจับ ค่าเฉลี่ยแรงบีบมือมือข้างขวา มีค่าเท่ากับ 2.000 (0.943) และ 3.100 (0.876) ข้างซ้าย มีค่าเท่ากับ 2.500 (1.179) และ 3.100 (1.179) ซึ่งพบว่า ค่าเฉลี่ยหลังการใช้วัสดุห่อหุ้มด้ามจับมีค่ามากกว่าก่อนการใช้วัสดุห่อหุ้มด้ามจับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 ซึ่งสอดคล้องกับสมมุติฐานที่ตั้งไว้

3. การเปรียบเทียบอาการผิดปกติที่มือและแขน ก่อนและหลังการใช้วัสดุห่อหุ้มด้ามจับ

3.1 ก่อนการใช้วัสดุห่อหุ้มด้ามจับลดความสั่นสะเทือนที่มือและแขน โดยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลหลังเลิกงาน จากคะแนนเฉลี่ย (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) พบว่า ความรู้สึกชาที่บริเวณมือและข้อมือ โดยมีคะแนนเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 3.70 (± 0.483) ระยะเวลาที่เริ่มมีอาการสูงสุดคืออาการทันทีของความรู้สึกชามือและแขน ข้อศอก จำนวน 8 คน ร้อยละ 80 และความรู้สึกกล้ามเนื้ออ่อนแรงที่มือและแขน จำนวน 80 คน ร้อยละ 80

3.2 หลังการใช้วัสดุห่อหุ้มด้ามจับลดความสั่นสะเทือนที่มือและแขน 7 วันโดยเก็บรวบรวมข้อมูลหลังเลิกงาน จากคะแนนเฉลี่ย (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) พบว่า ความรู้สึกกล้ามเนื้ออ่อนแรงที่บริเวณมือและข้อมือ และไหล่/ บ่า โดยมีคะแนนเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 2.80 (± 0.919) รองลงมาคือ ความรู้สึกชา ที่บริเวณมือและข้อมือ เท่ากับ 2.60 (±0.699)

3.3 เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของอาการผิดปกติจากการรับสัมผัสความสั่นสะเทือนก่อนและหลังการใช้วัสดุห่อหุ้มด้ามจับมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 ซึ่งสอดคล้องกับสมมุติฐานที่ตั้งไว้

4. ความพึงพอใจในการใช้วัสดุห่อหุ้มด้ามจับเพื่อลดความสั่นสะเทือนที่มือและแขน

กลุ่มตัวอย่างมีความพึงพอใจโดยรวมเท่ากับ 4.00 จัดอยู่ในระดับมาก ซึ่งไม่มีความรู้สึกรำคาญ มีค่าเฉลี่ย 4.20 ขนาดที่เหมาะสมมีค่าเฉลี่ย 3.50 ความเหมาะสมของวัสดุมีค่าเฉลี่ย 4.30 ทำให้ปฏิบัติงานดีขึ้น 4.00 ช่วยให้คล่องตัวมีค่าเฉลี่ย 3.60 และไม่เป็นอุปสรรคต่อการทำงาน 3.80

อภิปรายผลการวิจัย

สมมติฐานข้อที่ 1 หลังการใช้วัสดุห่อหุ้มที่ด้ามจับลดความสั่นสะเทือนของเครื่องตบดินแบบกระโดดทำให้ค่าความเสี่ยงต่อมือและแขนลดลง

1. ค่าความเร่งความสั่นสะเทือน

ในการประเมินความเสี่ยงการรับสัมผัสที่มือและแขนของเครื่องตบดินแบบกระโดด โดยก่อนการใช้วัสดุห่อหุ้มด้ามจับ มีค่าเฉลี่ยความเร่งความสั่นสะเทือนทั้งหมดโดยรวม เท่ากับ 7.153 m/s^2 และหลังการใช้วัสดุห่อหุ้มด้ามจับ มีค่าเฉลี่ยความเร่งความสั่นสะเทือนทั้งหมดโดยรวม เท่ากับ 6.509 m/s^2 ซึ่งค่าความเร่งความสั่นสะเทือนหลังการใช้วัสดุห่อหุ้มด้ามจับที่ประกอบด้วยโฟมยางกันสะเทือนและโฟมยาง NBR มีค่าความเร่งความสั่นสะเทือนลดลง 9.00% ซึ่งในการศึกษาของ Dewangan and Tewari (2010) โฟมยางกันสะเทือน มาทำเป็นด้ามมือจับของรถไถนาเดินตามสามารถลดค่าการส่งผ่านค่าความสั่นสะเทือนได้สูงถึง 11% ซึ่งในการศึกษาการใช้ยางกันสะเทือนและโฟมยาง NBRในการลดความสั่นสะเทือนที่เท้า สามารถลดได้ ที่ลดได้ 50.3% (ศุภัทธนันท์ รักพงษ์, 2558) และ ในการลดการส่งผ่านกับผู้ควบคุมรถแทคเตอร์ พบว่า สามารถลดได้ 33% (Shinde & Jadhav, 2016)

หากพิจารณาตามความถี่ที่เป็นผลต่อสุขภาพของพนักงาน ค่าความเร่งความสั่นสะเทือนทั้ง 3 แกน มีค่าลดลง โดยวัสดุห่อหุ้มด้ามจับลดได้ดีในแกน X ที่ลงลดได้สูงสุด 35.79 % ที่ความถี่ 63 Hz ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Shinde and Jadhav (2016) สำหรับการลดการส่งผ่านค่าความ

สั่นสะเทือนของผู้ควบคุมรถแทรคเตอร์สามารถลดได้ที่ความถี่ 25 -80 Hz และเมื่อนำเอายางกันสะเทือนมาห่อหุ้มที่ด้ามจับของสว่านมือลดได้ 59% (Singh and Khan, 2014)

จากข้อมูลการเปรียบเทียบความแตกต่างตามความถี่ที่สามารถลดค่าความสั่นสะเทือนได้นั้น วัสดุห่อหุ้มด้ามจับสามารถลดได้ดี ที่ความถี่ 10 Hz, 20Hz และ 63Hz ของทั้ง 3 แนวแกน

เนื่องจากค่าความเร่งความสั่นสะเทือนทั้งหมดโดยรวมหลังการใช้วัสดุห่อหุ้มด้ามจับกับ 6.509 m/ s^2 ซึ่งเมื่อนำมาเทียบกับค่ามาตรฐานค่าความสั่นสะเทือนที่มือและแขน ตามISO 5349-1 กำหนดการสัมผัส 8 ชั่วโมงการทำงานนั้น มีเกินค่ามาตรฐาน และที่ความถี่ 16 Hz นั้นมีค่าความสั่นสะเทือนเพิ่มขึ้น เนื่องจากมีพลังงานภายนอกกระทำกับระบบระหว่างการสั่นสะเทือนโดยที่เครื่องตบดินนั้นอาจมีการเคลื่อนที่หรือกระทบกับพื้นที่ความขรุขระหรือหิน โดยความขรุขระหรือหินนั้นคับให้เครื่องตบดินเคลื่อนที่ขึ้น-ลง ให้มีการสั่นสะเทือนแบบบังคับเกิดขึ้น (สมนึก พงษ์สิน, 2548) ซึ่งต้องมีการหามาตรการควบคุมป้องการในการรับสัมผัสให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานหรือไม่มีความเสี่ยง โดยมีการกำหนดเวลาพักต่อระยะเวลาการรับสัมผัสให้บ่อยมากขึ้นหรือกำหนดระยะเวลาในการทำงานกับความสั่นสะเทือนของเครื่องมือชนิดต่าง ๆ ในงานก่อสร้างตามตาราง แนะนำระยะเวลา Health and Safety Executive (2010) มีการกำหนดระยะเวลาในการสัมผัสในการทำงานกับเครื่องตบดินแบบกระโดดไว้ ประมาณ 20 นาทีต่อรอบการทำงาน

2. แรงบีบมือ

แรงบีบหลังการใช้วัสดุห่อหุ้มด้ามจับมีค่ามากกว่าก่อนการใช้วัสดุห่อหุ้มด้ามจับ พนักงานที่กำบริเวณด้ามจับได้รับความสั่นสะเทือนลดลงทำให้กล้ามเนื้อบริเวณมือบอบช้ำน้อยลงและผ่อนคลายกล้ามเนื้อมือมากยิ่งขึ้น แรงบีบมืออยู่ในระดับต่ำมากทั้งก่อนและหลังของทั้งมือซ้ายและมือขวา แต่ที่มือขวามีระดับของแรงบีบมือสูงขึ้นจากระดับต่ำเป็นระดับดี ถึงร้อยละ 20 และมือซ้าย ไม่พบอยู่ในระดับต่ำ โดยพบในระดับดี ร้อยละ 20 หลังการใช้วัสดุห่อหุ้มด้ามจับ สอดคล้องกับการศึกษาของชานนท์ ชมมี (2556) ที่ทำการศึกษาพนักงานแผนกแต่งชิ้นงาน โดยค่าเฉลี่ยแรงบีบมืออยู่ในระดับดี ร้อยละ 60 หลังการติดตั้งรอกแขวนแบบสปริงมากกว่าก่อนติดตั้งโดยพนักงานที่สัมผัสเครื่องเจียรความเร็วรอบ 6,300 รอบต่อนาที และระดับดี ร้อยละ 60 ที่เครื่องเจียรความเร็วรอบ 22,000 รอบต่อนาที ซึ่งในการศึกษาแรงบีบมือทั้งมือขวาและซ้ายมีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อมากขึ้น

3. อาการผิดปกติที่มือและแขน

อาการผิดปกติจากการรับสัมผัสความสั่นสะเทือนที่บริเวณมือและแขน ค่าเฉลี่ยของอาการผิดปกติมีค่าลดลง ซึ่งในการประเมินระยะเวลาที่เริ่มมีอาการทันที่พบสูงสุดร้อยละ 80 เมื่อมีการใช้วัสดุห่อหุ้มด้ามจับ พบว่า มีอาการทันทีนั้นลดลงเท่ากับ ร้อยละ 70 ซึ่งสอดคล้องกับ

การศึกษาของ สนธยา มัยสนิท ที่พบความชุกของอาการปวดหลังในพนักงานขับรถยก และเซน จำปา ที่ศึกษาอาการผิดปกติของโครงร่างกล้ามเนื้อเนื่องจากการทำงาน ร่วมถึงในการศึกษาการยศาสตร์สำหรับงานก่อสร้าง พบว่า ความผิดปกติทางระบบกล้ามเนื้อและโครงร่าง ในงานที่มีความสั่นสะเทือน 70% สุดาว เลิศวิสุทธิไพบูลย์ (2554) และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

สมมติฐานข้อที่ 2 พนักงานที่ปฏิบัติงานกับเครื่องตบดินแบบกระโดดมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากหลังการใช้วัสดุห่อหุ้มด้ามจับ

วัสดุห่อหุ้มด้ามจับ ในการออกแบบโดยใช้วัสดุทั้ง 2 ชนิด ได้แก่ ยางกันสะเทือน ที่ช่วยในการซับแรงสั่นสะเทือนในการสัมผัสความสั่นสะเทือนที่บริเวณด้ามจับของเครื่องตบดิน และโฟมยาง NBR เป็นวัสดุที่มีความยืดหยุ่นได้ดี มีความเหมาะในการนำมาเป็นวัสดุลดความสั่นสะเทือนและออกแบบในเหมาะสมกับสรีระของผู้ปฏิบัติงาน จากการเก็บรวบรวมข้อมูลแบบสอบถามความพึงพอใจต่อวัสดุห่อหุ้มด้ามจับเพื่อลดความสั่นสะเทือน หลังจากการใช้ 1 สัปดาห์ พนักงานมีความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับมาก เช่นเดียวกับการศึกษาของศุภัทธนันท์ รักพงษ์ ที่ศึกษาความพึงพอใจต่ออุปกรณ์ลดค่าความสั่นสะเทือนที่เท้าของแผนกเย็บผ้า ในพนักงานจำนวน 40 คน พบว่า พนักงานมีความพึงพอใจมากที่สุด

แต่เนื่องจากเมื่อมีการทำงานในพื้นที่แคบและต้องต้องใช้แรงกดมากเป็นพิเศษ เพื่อบังคับทิศทางการตบดินของเครื่องตบดินแบบกระโดดในการเลี้ยวซ้ายขวา ซึ่งเมื่อมีการทำงานดังกล่าว ในขณะที่มีการบังคับเครื่องตบดินให้เลี้ยวไปตามทิศทางต่างๆพนักงานต้องใช้เมื่อจับบริเวณก้านที่ใกล้กับตัวเครื่องตบดินเพื่อให้บังคับทิศทางได้สะดวกและง่ายขึ้น ซึ่งวัสดุห่อหุ้มด้ามจับเพื่อลดความสั่นสะเทือนยังไม่ครอบคลุมพื้นที่ดังกล่าว

ความคลาดเคลื่อนที่อาจจะเกิดขึ้นในงานวิจัย

เมื่อพิจารณาการห่อหุ้มวัสดุลดความสั่นสะเทือนที่ด้ามเครื่องตบดินแบบกระโดดมีค่าความเร่งความสั่นสะเทือนลดลงน้อยหรือยังเกินค่ามาตรฐานจำนวน 8 ตัวอย่างนั้น อาจเป็นไปได้ว่าอาจเกิดจากผลความคลาดเคลื่อนเชิงระบบ ด้วยลักษณะทางเสถียรภาพของระบบสำหรับเครื่องตบดินแบบกระโดด เช่น อายุการใช้งาน(ความเก่า – ใหม่) ประสิทธิภาพด้านเครื่องกลของเครื่อง อีกทั้งกลศาสตร์ของชั้นดินในระหว่างการวิจัยเกิดความหนาแน่นของชั้นดินเพิ่มขึ้นเรื่อยๆได้ เนื่องจากวัตถุประสงค์ของการบดอันดินคือต้องการชั้นดินไม่มีความโปร่ง จึงเป็นผลให้ต้องวนรอบการตบดินในพื้นที่เดิมเพื่อตบให้ชั้นดินมีความโปร่งน้อยที่สุด โดยที่เมื่อมีการตบในรอบแรกผ่านไป จะเกิดแรงต้านในดินเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ เพราะดินถูกอัดแน่นขึ้นจึงมีแรงต้านภายในดินมากขึ้น การยุบตัว

จะน้อยลงไป นั่นคือเมื่อมีแรงกระทบจากเครื่องตบดินทำให้เกิดแรงต้านต่อเครื่องตบดินมากขึ้น

รวมไปถึงลักษณะการกำของมือที่ด้ามขณะตรวจวัด เนื่องด้วยตัววัดความเร่งความสั่นสะเทือนมีความคม เมื่อติดที่ด้ามจับและต้องใช้มือกับทำให้ความคมของเครื่องวัดความเร่งทิ่มแทงที่มือของพนักงานและเป็นผลต่อการควบคุมเครื่องตบดินแบบกระโดดเป็นไปยากเพราะมีแรงทางกลจากเครื่องตบดินแบบกระโดดร่วมด้วย ซึ่งเป็นผลต่อการออกแรงกำหรือกดมากน้อยไม่เท่ากันหรือผลจากการกำหนดระยะเวลาในการสัมผัสในจะละตัวอย่างไม่อยู่ในเกณฑ์ระยะเวลาเดียวกันทั้งหมด

ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาประสิทธิผลของวัสดุห่อหุ้มด้ามจับเพื่อลดความเสี่ยงที่มือและแขนในพนักงานควบคุมเครื่องตบดินแบบกระโดด ในอุตสาหกรรมก่อสร้างประเภทงานดินและปรับพื้นที่ ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะดังนี้

1. ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

1.1 วัสดุที่ใช้และการออกแบบมีความเหมาะสม สามารถค่าความสั่นสะเทือนที่ส่งผ่านมายังมือและแขนของพนักงานได้ ซึ่งสามารถลดได้ดีที่ช่วงความถี่ 10 Hz, 20Hz และ 63Hz แต่ยังไม่สามารถลดค่าความสั่นสะเทือนให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานตาม ISO 5349 กำหนด คือ 5 m/s^2 ได้

1.2 จุดแข็งของการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ พบว่า ในกระบวนการศึกษาวิจัยการใช้วัสดุห่อหุ้มด้ามจับ และการทดสอบแรงบีบมือ ทำให้พนักงานได้รับประสิทธิภาพในการทำงานมากขึ้นและยังเป็นที่สร้างความตระหนักและตื่นตัวมากขึ้นต่อการทำงานที่มีการรับสัมผัสความสั่นสะเทือนขึ้น โดยพนักงานมีผลตอบรับต่อการใช้วัสดุห่อหุ้มด้ามจับที่ดีและมีการร้องขอต่อหัวหน้างานเสมอ

1.3 ในการประยุกต์ใช้วัสดุห่อหุ้มด้ามจับ เป็นวัสดุหาหาได้ง่ายตามท้องตลาดในราคาไม่แพง ซึ่งเป็นการออกแบบได้เหมาะสมกับผู้ใช้จริงอีกทั้งยัง สามารถลดต้นทุนได้ดี

2. การศึกษาวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรมีการศึกษาเลือกใช้วัสดุชนิดอื่นๆและการออกแบบที่เหมาะสมกับวัสดุแต่ชนิด เพื่อให้ตรงกับความถี่ที่ต้องการลดในแต่ละเครื่องมือ

2.2 ควรมีการศึกษาคุณลักษณะทางกายภาพของชั้นดินหรือกำหนดขอบเขตของการใช้พื้นที่ในการดำเนินการวิจัยให้เป็นไปในรูปแบบเดียวกัน เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

2.3 ควรประยุกต์ใช้วัสดุห่อหุ้มด้ามจับกับเครื่องที่มีความเร็วรอบอื่น ๆ ด้วยพร้อมกันออกแบบวัสดุให้ครอบคลุมกับสัดส่วนของเครื่องจักร

บรรณานุกรม

กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน. (2560). *โครงการความปลอดภัยและอาชีวอนามัยของประเทศไทย (Safety Thailand)*. เข้าถึงได้จาก http://www.oshthai.org/index.php? option=com_k2&view=item&id=358:safety-thailand-02&Itemid=222

ก่อเกียรติ บุญชูกุศล. (2540). *การวิเคราะห์การสั่นสะเทือน การเฝ้าตรวจและการจัดการการบำรุงรักษา*. กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), ส่วนตำราสนับสนุนเทคนิคอุตสาหกรรม.

จิรายุทธ กิจกล้า. (2557). *ศึกษาการสั่นสะเทือนของเครื่องพรวนจอบหมุนติดรถไถเดินตามที่ใช้ใบมีดจอบหมุน 3 แบบ*. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมการเกษตร, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชานนท์ ชมมี. (2556). *ประสิทธิผลของการใช้รอกแขวนแบบสปริงเพื่อลดความเสี่ยงของมือสำหรับคนงานเจียรในโรงงานผลิตชิ้นส่วนยานยนต์แห่งหนึ่ง*. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย, คณะสาธารณสุขศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.

ณฐินี โล่ห์พัฒนานนท์. (2558). *การผลิตแผ่นฉนวนกันความร้อนจากโฟมยางธรรมชาติผสมเอทิลีนไวนิลอะซีเตท*. ภาควิชาเทคโนโลยียางและพอลิเมอร์, คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม, มหาวิทยาลัยศิลปากร.

บมจ. ไทยเพนตา โอเชี่ยน. (2559). *แบบบันทึกประจำเดือนการเข้าใช้ห้องพยาบาลและเบิกจ่ายยาประจำโครงการก่อสร้าง*. เอกสารควบคุมเลขที่ OHS-F-012. ระยอง

บมจ. สยามคานาโมโต้. (2556). *คุณสมบัติเครื่องตบดิน*. ม.ป.ท.

ฝ่ายวิทยาศาสตร์การกีฬา. (2543). *เกณฑ์มาตรฐานสมรรถภาพทางกายประชาชนไทย*. กรุงเทพฯ: การกีฬาแห่งประเทศไทย.

พงษ์ธร แซ่อุย. (2548). *ชนิดของยางและการใช้งาน*. ศูนย์วิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมยางไทย. เข้าถึงได้จาก www.rubbercenter.org/files/technologys.pdf

พนมกร ดิษฐ์สุวรรณ์. (2555). *กลุ่มอาการเส้นประสาทถูกกดทับที่ข้อมือ*. ศูนย์กายภาพบำบัด, คณะกายภาพบำบัด, มหาลัยมหิดล. เข้าถึงได้จาก http://www.pt.mahidol.ac.th/khowledge/p=196.

พรทิพย์ เย็นใจ. (2546). *การเปรียบเทียบความสั่นสะเทือนที่มือ เมื่อใช้ถุงมือและวัสดุหุ้มด้ามจับของคนงานเจียรหิน*. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาสุขศาสตร์อุตสาหกรรมและความปลอดภัย, มหาวิทยาลัยมหิดล.

พรศิริ จงกล. (2557). *การวิเคราะห์งานก่อสร้างโดยใช้หลักการยศาสตร์*. รายงานการวิจัย, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์.

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2556). *การทดสอบสมรรถภาพของร่างกาย*. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, กระทรวงอุตสาหกรรม.

ยุพา ตาวัน, ชนะ รักษ์ศิริ และจักรพันธ์ อร่ามพงษ์พันธ์. (2553). *การศึกษาขนาดของยางรองแท่นเครื่องที่มีผลต่อพฤติกรรมเชิงกลภายใต้ภาระแบบพลวัต*. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วัชรินทร์ วังธิยอง. (2557). *แนวคิดในการพัฒนารูปแบบมีดที่เหมาะสม สำหรับตัดแต่งรอยเชื่อมพาเลขพลาสติก*. ในการประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา, ครั้งที่ 4 มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

วิวัฒน์ สังฆะบุตร. (2556). *ความชุกของความผิดปกติทางระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อในแรงงานนอกระบบกลุ่มคัดเหล็กปลอกเสาระบบมือโยก อำเภอโนนสูง จังหวัดนครราชสีมา*. ขอนแก่น: สาขาวิชาอนามัยสิ่งแวดล้อม, คณะสาธารณสุขศาสตร์, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ศศิวิมล บุตรสีเขียว. (2555). *การศึกษาความแข็งแรงกล้ามเนื้อมือและความคล่องแคล่วของมือภายหลังจากการสัมผัสความสั่นสะเทือนในพนักงานเจียร์ชิ้นงาน*. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาสุขศาสตร์อุตสาหกรรมและความปลอดภัย, มหาลัยมหิดล.

ศุภัทธนันท์ รักพงษ์. (2558). ประสิทธิผลของอุปกรณ์ลดแรงสั่นสะเทือนที่เท้าในพนักงานแผนกเย็บผ้าของโรงงานแห่งหนึ่งในจังหวัดชลบุรี. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย, คณะสาธารณสุขศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.

สมาคมส่งเสริมความปลอดภัยและอาชีวอนามัยในการทำงาน. (2559). *การป้องกันและควบคุมอันตรายจากสิ่งแวดล้อมในการทำงาน*. เข้าถึงได้จาก http://www.shawpat.or.th/index.php?option=com_content&view=category&id=47&Itemid=201

สมทัศน์ พัลลภดิษฐ์สกุล. (2554). *ความชุกและปัจจัยที่เกี่ยวข้องของระบบกล้ามเนื้อและกระดูกบริเวณรยางค์ส่วนบนในพนักงานสถานประกอบการประกอบเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์*. บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

สันชัย อินทพิชัย. (2547). *ปฐพีกลศาสตร์*. สาขาวิชาช่างโยธาและวิศวกรรมโยธา, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

สำนักงานกองทุนเงินทดแทน กระทรวงแรงงาน. (2558). *สถานการณ์การประสบอันตรายหรือเจ็บป่วยเนื่องจากการทำงาน ประเภทกิจการก่อสร้างปี 2554 – 2558*. เข้าถึงได้จาก http://www.sso.go.th/wpr/uploads/uploadImages/file/accidentbuild54-58.pdf.

สำนักงานสถิติจังหวัดระยอง. (2557). *ผลิตภัณฑ์มวลรวมภาค ณ ราคาประจำปี จำแนกตามสาขาการผลิตภาคตะวันออก พ.ศ.2548 – 2557.* ม.ป.ท.

สำนักงานอธิการบดี มหาลัยราชภัฏเชียงใหม่. (2555). *รายงานผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจการให้บริการด้านอุปกรณ์การศึกษาและสภาพแวดล้อมการเรียนรู้*. ม.ป.ท.

สำนักโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข. (2557). *โรคประสาทหูเสื่อมจากการทำงาน*. เข้าถึงได้จาก http://envocc.ddc.moph.go.th/contents/view/73.

สุเชษฐ์ อาจสมโภชน์. (2554). *การเตรียมสถานที่และการวางผังอาคาร*. เอกสารประกอบการสอนเทคนิคก่อสร้าง 1, วิทยาลัยเทคนิคนครศรีธรรมราช.

สุดาว เลิศวิสุทธิไพบูลย์. (2554). *การยศาสตร์สำหรับงานก่อสร้าง*. นนทบุรี: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

สุพร มีเกียรติกุลธร. (2558). *การปรับปรุงสภาพงานโดยใช้หลักการยศาสตร์แบบมีส่วนร่วมเพื่อลดความเสี่ยงที่มือ ของคนงานในโรงงานผลิตและประกอบชุดสายไฟในรถยนต์แห่งหนึ่ง ใน จังหวัดระยอง*. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย, คณะสาธารณสุขศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.

สุพิตร สมาหิโต. (2556). *แบบทดสอบและเกณฑ์มาตรฐานสมรรถภาพทางกายสำหรับประชาชนไทย อายุ 19-59 ปี*. สำนักวิทยาศาสตร์การกีฬากรมพลศึกษา กระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬา.

สุภาพร แจ่มเจริญ. (2532). *การบดอัดดินในสนาม*. กรุงเทพฯ: ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุวินันท์ ทวีพิริยะจินดา. (2558). *ท่าทางการทำงานที่เป็นอันตรายและความชุกของอาการผิดปกติทางระบบกล้ามเนื้อและโครงร่าง อันเกี่ยวเนื่องจากการทำงานในคนงานโรงพยาบาลนราธิวาสราชนครินทร์*. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาอาชีวเวชศาสตร์, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

เสริมศักดิ์ อักขราสา. (2551). *แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของเครื่องบดอัดดินชนิดสั่นสะเทือน*. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

อนามัย ธีรวิโรจน์. (2556). *อาชีวอนามัยและความปลอดภัย* (พิมพ์ครั้งที่ 5). กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

อุมารินทร์ เตมีย์. (2552). *การศึกษาการลดความสั่นสะเทือนโดยใช้วัสดุสังเคราะห์ที่ผ่านการใช้แล้ว*. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาสุขศาสตรอุตสาหกรรมและความปลอดภัย, มหาวิทยาลัยมหิดล

อัษฎา จิรประยุกต์เลิศ. (2008). *การประยุกต์หลักการยศาสตร์ในการออกแบบอุปกรณ์ด้ามจับโครงเลื่อย*. กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

แอนน์ จิระพงษ์สุวรรณ. (2556). สิ่งคุกคามสุขภาพจากสภาพแวดล้อมในการทำงานและการสำรวจสถานประกอบการ. *วารสารพยาบาลสาธารณสุข, 27*(3).

Ali, M. H., Azmir, N. A., Ghazali, M. I., Yahya, M. N., & Song, J. I. (2015). *Predicting Hand Grip Strength of Hand Held Grass Cutter Workers: Neural Network vs Regression*. In 2nd International Materials, Industrial and Manufacturing Engineering Conference, 4-6 February 2015, 2), 445-449. Bali Indonesia. Manufacturing.

Best, John W. (1977). Research in Education. 3rd ed. Englewood Cliffs,New Jersey: Prentice Hall, Inc.

Bovenzi, M., Zadini, A., Franzinelli, A., & Borgogni, F. (1991). Occupational musculoskeletal disorders in the neck and upper limbs of forestry workers exposed to hand-arm vibration. *Ergonomics, 34,* 547-562.

Chaturvedi, V., Kumar, A, Mishra, I. M., Singh, R. N., Jha, G. K., & Lel, S. B. (2015). Study on interventions to reduce vibration transmission to power tiller Operator. *Journal of Applied and Natural Science, 8*(1), 265-272.

Dale, A. M., Rohn, A. E., Burwall, A., Shannon, W., Standevan, J., Patton, A., & Evanaff, B. (2010). Evaluation of anti-vibration interventions for the hand during sheet metal assembly work. *Washington University School of Medicine, 39,* 169-176.

Dewangan, K. N., & Tewari, V. K. (2010). Handle grips for reducing hand-transmitted vibration in hand tractor. *Journal of International Agricultural Engineering, 19*(2), 48-57.

Efstratiou, C., Davies, N., Kortuem, G., Finney, J., Hooper, R., & Lowton, M. (2007). *Experiences of Designing and Deploying Intelligent Sensor Nodes to Monitor Hand-Arm Vibrations in the Field*. Engineering and Physical Science Research Council, Lancaster University, United Kingdom.

Gaidhane, A. H. (2012). Study of effects of vibration on grip strength. *International Journal of Modern Engineering Research (IJMER), 2*(1), 454-457.

Hao, Y. K., Ean, O. L., & Ripin, Z. M. (2011). The design and development of suspended handles for reducing hand-arm vibration in petrol driven grass trimmer. *International Journal of Industrial Ergonomics, 41,* 459-470.

Health and Safety Executive. (2010). *Hand-arm Vibration, Topic Inspection Pack Issue: November 2010.* Retrieved from http://www.hse.gov.uk/foi/internalops/fod/inspect.

International Standard Organization (ISO) 5349. (2011). *Mechanical vibration -- Guidelines for the measurement and the assessment of human exposure to hand-transmitted vibration*. Switzerland: International Organization for Standardization Part 1. Retrieved from http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue_ics/Catalogue_detail_ics.htm?csnumber=32355.

Jonsson, A. (2001). *Modelling, Simulation and Experimental Investigation of a Rammer Compactor Machine*. Division of Computer Aided Design of Technology Lulea University and Department of Mechanical Engineering Blekinge Institute of Technology Karlskrona, Sweden, 10-13.

Necking, L. E., Lundbory, G., & Friden, J. (2002). Hand Muscleweakness in Long Term Vibration Exposure. *Jounal of Hand Surgery, 27*(6), 520-525.

Shinde, A., & Jadhav, S. G. (2016). Vibration measurement and vibration reduction of steering wheel of an agricultural tractor. *International Journal of Science and Research (IJSR), 5*(7)

Singh, J., & Khan, A. A. (2014). Effect of coating over the handle of a drill machine on vibration transmissibility. *Journal of Applied Ergonomics, 45,* 239-246.

Xu, X., Yuan, Z., Gong, M., He, L., Wang, R., Wang, J., Yang, Q., & Wang, S. (2016). Occupational hazards survey among coal workers using hand-held vibrating tools in a northern China coal mine. *International Journal of Industrial Ergonomics*. 1-6.

Zhafran, A., & Mazlan, A. (2012). *Active vibratiive control to attenuate hand-arm vibration for orbital sander*. Thesis submitted in fulfilment of the requirements for the degree of Master of Science.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ

1. รศ.ดร.นันทพร ภัทรพุทธ	อาจารย์ประจำภาควิชาสุขศาสตร์อุตสาหกรรมและความปลอดภัย คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
2. ผศ.ดร.ศรีรัตน์ ล้อมพงศ์	อาจารย์ประจำภาควิชาสุขศาสตร์อุตสาหกรรมและความปลอดภัย คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
3. ผศ.ดร.ทนงศักดิ์ ยิ่งรัตนสุข	อาจารย์ประจำภาควิชาสุขศาสตร์อุตสาหกรรมและความปลอดภัย คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

ภาคผนวก ข

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

แบบสอบถาม

เรื่อง การศึกษาประสิทธิภาพของวัสดุห่อหุ้มด้ามจับเพื่อลดความเสี่ยงที่มือและแขนในพนักงานควบคุมเครื่องตบดินแบบกระโดด ในอุตสาหกรรมก่อสร้างประเภทงานดินและปรับพื้นที่

คำชี้แจง:

แบบสอบถามนี้จัดทำขึ้นเพื่อศึกษาผลค่าความสั่นสะเทือนของวัสดุห่อหุ้มด้ามจับของเครื่องตบดินแบบกระโดด ในกลุ่มคนงานก่อสร้าง จังหวัดระยอง โดยแบบบันทึกฉบับนี้ประกอบด้วย 2 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ส่วนที่ 2 ความพึงพอใจต่อการใช้วัสดุห่อหุ้มด้ามจับลดความสั่นสะเทือน

ส่วนที่ 3 ความคิดเห็นของผู้ตอบแบบสอบถาม

เพื่อความครบถ้วนของข้อมูลและความสะดวกในการประมวลผล โปรดตอบแบบสอบถามทุกข้อ

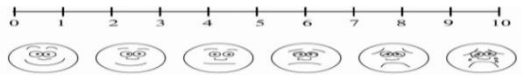
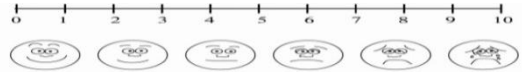
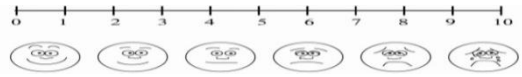
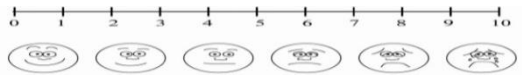
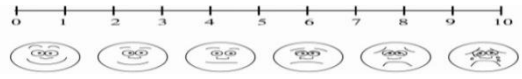
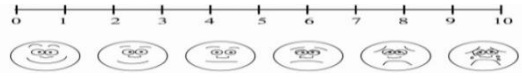
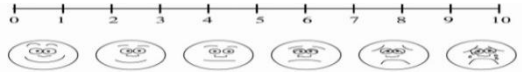
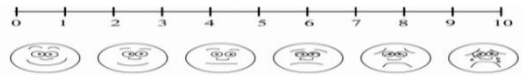
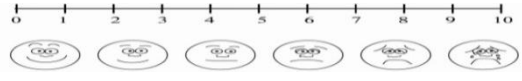
ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

คำชี้แจง: โปรดเติมข้อความลงในช่องว่างหรือทำเครื่องหมาย ✓ ลงใน (……) ที่ตรงกับข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับตัวท่าน

1. ปัจจุบันท่านอายุ.....ปี
2. น้ำหนัก.....กิโลกรัม
3. ส่วนสูง.....เซนติเมตร
4. ท่านมีการปฏิบัติงานกับเครื่องตบดินแบบกระโดดเป็นระยะเวลา.....ชั่วโมงต่อวัน
5. ประสบการณ์ในการทำงานกับเครื่องตบดินแบบกระโดด .....ปี

ส่วนที่ 2 อาการผิดปกติ

คำชี้แจง: โปรดเติมเครื่องหมาย ◯ ที่ตรงกับระดับของอาการผิดปกติเมื่อมีการรับสัมผัสความสั่นสะเทือน และทำเครื่องหมาย ✓ ลงใน (……) ที่ตรงกับระยะเวลาที่มีอาการเพียงช่องเดียวและโปรดตอบทุกข้อคำถาม

ข้อคำถาม		ถ้าท่านตอบเคยให้ระบุระดับความรุนแรงของอาการเพียงตัวเลขเดียว	ถ้าท่านตอบเคยให้ระบุระยะเวลาตั้งแต่เริ่มมีอาการ	
			ทันทีที่รับสัมผัส	7 วันที่ผ่านมา
1	ท่านเคยมีความรู้สึกปวดเมื่อสัมผัสความสั่นสะเทือนอวัยวะต่อไปนี้หรือไม่			
1.1	มือและข้อมือ			
1.2	ไหล่			
1.3	ข้อศอก			
2.	ท่านเคยมีความรู้สึกชาเมื่อสัมผัสความสั่นสะเทือนอวัยวะต่อไปนี้หรือไม่			
2.1	มือและข้อมือ			
2.2	ไหล่			
2.3	ข้อศอก			
3. ท่านเคยมีความรู้สึกกล้ามเนื้ออ่อนแรงเมื่อสัมผัสความสั่นสะเทือนอวัยวะต่อไปนี้หรือไม่				
3.1	มือและข้อมือ			
3.2	ไหล่			
3.3	ข้อศอก			

ที่มา: ศศิวิมล บุตรสีเขียว (2555); ศุภัทธนันท์ รักพงษ์ (2558)

ส่วนที่ 3 ความพึงพอใจต่อการใช้วัสดุห่อหุ้มด้ามจับลดความสั่นสะเทือน

คำชี้แจง: โปรดเติมข้อความลงในช่องว่างหรือทำเครื่องหมาย ✓ ลงใน (……) ที่ตรงกับความพึงพอใจในการใช้วัสดุห่อหุ้มด้ามจับเพื่อลดความสั่นสะเทือนที่มือและแขนของท่านมากที่สุดเพียงช่องเดียวและโปรดตอบทุกข้อคำถาม

ข้อคำถาม	ระดับความรู้สึก				
	มากที่สุด 5	มาก 4	ปานกลาง 3	น้อย 2	น้อยที่สุด 1
1. เมื่อท่านปฏิบัติงานมีความรู้สึกรำคาญต่อวัสดุห่อหุ้มด้ามจับในระดับใด					
2. วัสดุห่อหุ้มด้ามจับมีขนาดเหมาะสมกับการใช้งานในระดับใด					
3. วัสดุที่เลือกใช้เป็นวัสดุห่อหุ้มด้ามจับมีเหมาะสมในระดับใด					
4. วัสดุห่อหุ้มด้ามจับทำให้ท่านปฏิบัติงานดีขึ้นในระดับใด					
5. วัสดุห่อหุ้มด้ามจับช่วยให้ท่านคล่องตัวในการทำงานในระดับใด					
6. วัสดุห่อหุ้มด้ามจับเป็นอุปสรรคขัดขวางการทำงานในระดับใด					
7. ความพึงพอใจโดยรวมต่อวัสดุห่อหุ้มด้ามจับในระดับใด					

ที่มา : ศุภัทธนันท์ รักพงษ์ (2558)

ส่วนที่ 4 ข้อเสนอแนะของผู้ตอบแบบสอบถาม

……

……

……

……..…

แบบบันทึกแรงบีบมือ

เรื่อง การศึกษาประสิทธิภาพของวัสดุห่อหุ้มด้ามจับเพื่อลดความเสี่ยงที่มือและแขนในพนักงานควบคุมเครื่องตบดินแบบกระโดด ในอุตสาหกรรมก่อสร้างประเภทงานดินและปรับพื้นที่

ส่วนที่ 1 ตารางบันทึกผลการทดสอบแรงบีบมือของผู้เข้าร่วมวิจัย (ก่อน)

คำชี้แจง: โปรดเติมข้อความลงในช่องว่างหรือทำเครื่องหมาย ✓ ลงใน (……) ที่ตรงกับข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับตัวท่าน

กลุ่มตัวอย่าง	ผลการทดสอบ (ก่อน)			ผลการทดสอบ (หลัง)		
	มือ ขวา (ก.ก)	มือ ซ้าย (ก.ก)	ระดับสมรรถภาพ	มือ ขวา (ก.ก)	มือ ซ้าย (ก.ก)	ระดับสมรรถภาพ
คนที่ 1						
คนที่ 2						
คนที่ 3						
คนที่ 4						
คนที่ 5						
คนที่ 6						
คนที่ 7						
คนที่ 8						
คนที่ 9						
คนที่ 10						

ที่มา: ชานนท์ ชมมี (2556)