การวิเคราะห์กำลังการผลิต กรณีศึกษาโรงงานผลิตชิ้นส่วนคอนกรีตเสริมเหล็กสำเร็จรูป

นางสาวดุษณี สีมาขจร

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2551
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

PRODUCTION CAPACITY ANALYSIS :
A CASE STUDY OF PRECAST CONCRETE FACTORY

Miss Dutsanee Seemakhajorn

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering Program in Industrial Engineering

Department of Industrial Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2008

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การวิเคราะห์กำลังการผลิต กรณีศึกษาโรงงานผลิตชิ้นส่วนคอนกรีตเสริมเหล็กสำเร็จรูป
โดย	นางสาวดุษณี สีมาขจร
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมชาย พัวจินดาเนตร

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

…….. คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.บุญสม เลิศหิรัญวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

……ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดำรงค์ ทวีแสงสกุลไทย)

……อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมชาย พัวจินดาเนตร)

……กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ สมชาย พวงเพิกศึก)

……กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ จิรพัฒน์ เงาประเสริฐวงศ์)

ดุษณี สีมาขจร : การวิเคราะห์กำลังการผลิต กรณีศึกษาโรงงานผลิตชิ้นส่วนคอนกรีตเสริมเหล็กสำเร็จรูป. (PRODUCTION CAPACITY ANALYSIS : A CAST STUDY OF PRECAST CONCRETE FACTORY) อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : ผศ.ดร. สมชาย พัวจินดาเนตร, 132 หน้า

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) วิเคราะห์หากำลังการผลิตและขั้นตอนการผลิตที่ทำให้เกิดความล่าช้า 2) เสนอแนวทางการปรับปรุงกระบวนการผลิต โดยพิจารณาการลดรอบเวลาการทำงานของแต่ละสถานี ในโรงงานผลิตชิ้นส่วนคอนกรีตเสริมเหล็กสำเร็จรูป ซึ่งประกอบด้วย 9 สถานีงาน ได้แก่ สถานีกำหนดตำแหน่งอุปกรณ์ สถานีวางแบบกั้นข้าง สถานีติดตั้งอุปกรณ์ สถานีวางโครงเหล็กเสริมความแข็งแรง สถานีเทคอนกรีต สถานีขัดผิวหน้าคอนกรีต สถานีบ่มคอนกรีต สถานีถอดแบบ และสถานียกชิ้นงานเก็บ โดยขั้นตอนการดำเนินการศึกษา มีดังนี้ (1) ศึกษารอบเวลาการผลิตก่อนการปรับปรุง โดยการเปรียบเทียบรอบเวลาที่ประเมินได้จากเวลามาตรฐานในการทำงาน และจากการสำรวจเวลาที่ใช้ในปัจจุบัน (2) การคำนวณหากำลังการผลิตโดยอิงรอบเวลาการผลิตจากเวลามาตรฐานประเมินและจากเวลาที่ใช้ในปัจจุบัน (3) การปรับปรุงเพื่อเพิ่มอัตราการผลิต โดยวิเคราะห์หาสาเหตุความล่าช้าของแต่ละขั้นตอนกระบวนการผลิต และจัดสมดุลสายการผลิต และ (4) เปรียบเทียบผลของรอบเวลาการผลิตและอัตราการผลิตก่อนและหลังการปรับปรุง

ผลการศึกษาพบว่า (1) ปัจจุบันโรงงานมีอัตราการผลิตอยู่ที่ 168 หลัง/เดือน คิดเป็นร้อยละ 56 ของกำลังการผลิตตามการออกแบบของโรงงานที่กำหนดไว้ 300 หลัง/เดือน (2) ผลการศึกษาการทำงานพบว่าโรงงานควรมีศักยภาพในการเพิ่มผลผลิตเป็นเดือนละ 215 หลัง/เดือน หรือคิดเป็นร้อยละ 72 ของกำลังการผลิตที่ออกแบบไว้ (3) ขั้นตอนการผลิตที่ทำให้เกิดความล่าช้าในสายการผลิตที่ส่งผลให้เกิดปัญหาคอขวดมี 7 สถานีงาน คือ สถานีกำหนดตำแหน่งอุปกรณ์ สถานีวางแบบกั้นข้าง สถานีติดตั้งอุปกรณ์ สถานีวางโครงเหล็กเสริมความแข็งแรง สถานีขัดผิวหน้าคอนกรีต สถานีบ่มคอนกรีต และสถานียกชิ้นงานเก็บ (4) มาตราการที่ใช้ในการปรับปรุงเพื่อลดเวลาสูญเปล่าสำหรับขั้นตอนที่เป็นคอขวด ได้แก่ การควบคุมการผลิตให้ทันเวลากับความต้องการของสถานีก่อนหน้าและสถานีถัดไป การบริหารจัดการหน่วยงานย่อย ให้มีการจัดเตรียมประกอบอุปกรณ์ให้พร้อมก่อนการผลิต การแยกหน้าที่การทำงานในส่วนของงานภายนอกและงานภายในให้ชัดเจน การปรับปรุงวิธีการทำงานใหม่ให้ถูกต้องตามหลักการทำงานที่ดี และการฝึกอบรมพนักงานให้สามารถทำงานข้ามสายงานอื่นๆ ได้ เพื่อเพิ่มความยืดหยุ่นและความสามารถของพนักงานในสายการผลิต และ (5) ภายหลังการปรับปรุงพบว่า อัตราการผลิตเพิ่มขึ้นเป็น 207 หลัง/เดือน คิดเป็นร้อยละ 69 ของกำลังการผลิตตามการออกแบบโรงงาน และมีค่าเพิ่มขึ้นจากเดิม 39 หลัง/เดือน คิดเป็นร้อยละ 23.2

ภาควิชา: วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่อนิสิต: .....

สาขาวิชา: วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: .....

ปีการศึกษา: 2551

4971420521 : MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING

KEY WORD : CYCLE TIME / WORK STUDY / PRODUCTION LINE BALANCING / HOUSE PRECAST CONCRETE

DUTSANEE SEEMAKHAJORN : PRODUCTION CAPACITY ANALYSIS : A CASE STUDY OF PRECAST CONCRETE FACTORY. THESIS PRINCIPAL ADVISOR : ASST. PROF. SOMCHAI PUAJINDANETR, Ph.D., 132 pp.

The objective of this research were to (1) analyze the existing production capacity and retarding work station of the line production of a house precast concrete process. (2) improve the production process by reducing the service time of each workstation. The house precast concrete process consisted of 9 stages which were Plottering, Shuttering, Insert, Reinforcement, Casting, Smoothening, Curing, Removing and Tilting.

The research methodology was carried out by (1) studying the existing cycle time, process capacity and comparing with the estimated standard time, (2) analyzing the retarding work station, (3) indentifying the bottlenecks of each working station and improving the work method in order to balance the production line, and (4) comparing the cycle time and production capacity with the previous improvement.

The study found that (1) the existing production capacity of the factory was 168 houses per month which was 56 % of the factory's capacity designed (of 300 houses per month), (2) the potential of the factory capacity could produce to 215 houses per month or 72 % of the designed capacity, (3) the bottlenecks of the retarding work stations were Plottering, Shuttering, Insert, Reinforcement, Smoothening, Curing and Tilting, (4) the strategies used to decrease the waste time were to control the delivery on time between the previous and the next work station, to separate and prepare the external work activity from internal work activity, to balance the time, and to provide cross-function training, and (5) after implementing the improvement, the production capacity was increased from 168 to 207 house per month, or increased by 23.2 %.

Department : INDUSTRIAL ENGINEERING Student's Signature : .....

Field of Study : INDUSTRIAL ENGINEERING Principal Advisor's Signature : .....

Academic Year : 2008

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีต้องขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมชาย พัวจินดาเนตร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เป็นอย่างสูงที่ท่านได้ให้ความรู้ คำปรึกษา ชี้แนะแนวทาง และข้อเสนอแนะต่างๆ ตลอดระยะเวลาของการทำวิทยานิพนธ์ หากไม่มีท่านคอยช่วยเหลือในเรื่องต่างๆ แล้ววิทยานิพนธ์ฉบับนี้คงจะไม่สำเร็จลงได้

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาตราย์ ดำรงค์ ทวีแสงสกุลไทย ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รองศาตราจารย์ สมชาย พวงเพิกศึก และรองศาสตราจารย์ จิรพัฒน์ เงาประเสริฐวงศ์ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้ข้อเสนอแนะ และข้อคิดเห็นต่างๆ เพิ่มเติมเพื่อให้วิทยานิพนธ์มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ หฤทัย โลหะศิริวัฒน์ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมโครงการ ที่ได้ให้ข้อเสนอแนะและข้อคิดเห็นต่างๆ

ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง สำหรับโรงงานตัวอย่างที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูล และขอขอบพระคุณ คุณทองมา วิจิตรพงศ์พันธุ์ คุณอมรพล ธูปะวิโรจน์ และคุณทวีศักดิ์ บุญขจร ที่ให้โอกาสในการเข้าไปดำเนินการวิจัยในครั้งนี้ พี่วรภูมิ ช่างสุทธิชัย ช่างเอกรัตน์ ช่างนิสิต และพี่ๆ ที่โรงงานทุกคน ที่ให้คำปรึกษาที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัย

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ได้ให้ความรู้ คำแนะนำและการอบรมข้าพเจ้าด้วยดี

ขอบคุณพี่กิด กฤดิภัค โกยดุลย์ ที่ให้คำปรึกษาและอำนวยความสะดวกในการเข้าไปโรงงาน และพี่ๆ เพื่อนๆ น้องๆ ผู้เกี่ยวข้องทุกท่านที่ไม่ได้กล่าวไว้ในที่นี้ สำหรับมิตรภาพที่มอบให้กันและค่อยให้กำลังใจด้วยดีเสมอมา

ท้ายนี้ ขอบกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ย้ง ยุ้ย และญาติพี่น้อง ที่คอยสนับสนุนและให้กำลังใจจนสำเร็จการศึกษา และขอมอบความดีทั้งหมดที่เกิดขึ้นของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ แด่ทุกท่านที่มีส่วนช่วยให้วิทยานิพนธ์นี้เสร็จสมบูรณ์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง	ญ
สารบัญภาพ	ฏ
สัญลักษณ์และคำย่อ	ฑ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	2
1.3 สมมติฐานและขอบเขตของงานวิจัย	3
1.4 วิธีดำเนินการวิจัย	4
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	5
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	6
2.1 การศึกษาการทำงาน	6
2.2 การวัดกำลังการผลิต	14
2.3 การจัดสมดุลสายการผลิต	18
2.4 การวิเคราะห์ความถดถอยและสหสัมพันธ์	25
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	28
บทที่ 3 สภาพทั่วไปและปัญหาของโรงงานตัวอย่าง	32
3.1 ข้อมูลทั่วไปของโรงงาน	32
3.2 ผลิตภัณฑ์ของโรงงาน	33
3.3 กระบวนการผลิต	34
3.4 สภาพปัญหาที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน	47

หน้า

บทที่ 4 วิธีการดำเนินการวิจัย..... 50
4.1 การศึกษารอบเวลาการผลิตก่อนการปรับปรุง..... 50
4.1.1 การเก็บรวบรวมข้อมูลที่ได้จากการบันทึกเวลาการทำงาน..... 50
4.1.2 การประเมินเวลามาตรฐานของแต่ละสถานีงาน..... 53
4.1.3 การสำรวจเวลาที่ใช้ในแต่ละสถานีงานในปัจจุบัน..... 57
4.2 การคำนวณกำลังการผลิตโดยอิงรอบเวลาการผลิตจากเวลามาตรฐาน ประเมินและจากเวลาที่ใช้ในปัจจุบัน..... 59
4.3 การเปรียบเทียบรอบเวลาการผลิตและกำลังการผลิตที่อิงจากเวลามาตรฐาน ประเมินและจากเวลาที่ใช้ในปัจจุบัน..... 61
4.4 การปรับปรุงเพื่อเพิ่มอัตราการผลิต..... 63
4.4.1 การวิเคราะห์หาสาเหตุความล่าช้าของกระบวนการผลิตก่อนการ ปรับปรุง..... 63
4.4.2 การประยุกต์และนำเสนอแนวทางการปรับปรุง..... 64
4.4.3 การเปรียบเทียบรอบเวลาการผลิตและอัตราการผลิตก่อนและ หลังการปรับปรุง..... 64
4.5 สรุป..... 64

บทที่ 5 ผลการดำเนินงานวิจัย..... 70
5.1 ผลการศึกษารอบเวลาการผลิตก่อนการปรับปรุง..... 70
5.1.1 ผลการศึกษาเวลาการทำงาน..... 70
5.1.2 ผลการศึกษาเวลามาตรฐานประเมินของแต่ละสถานีงาน..... 76
5.1.3 ผลการสำรวจเวลาที่ใช้ในแต่ละสถานีงานในปัจจุบัน..... 82
5.2 ผลการคำนวณกำลังการผลิตโดยอิงรอบเวลาการผลิตจากเวลามาตรฐาน ประเมินและจากเวลาที่ใช้ในปัจจุบัน..... 87
5.3 ผลการเปรียบเทียบรอบเวลาการผลิตและกำลังการผลิตที่อิงจากเวลามาตรฐา ประเมินและจากเวลาที่ใช้ในปัจจุบัน..... 90
5.4 ผลการปรับปรุง..... 95
5.4.1 ผลการวิเคราะห์หาสาเหตุความล่าช้าของกระบวนการผลิตก่อน การปรับปรุง..... 95

หน้า

5.4.2 ผลการประยุกต์และนำเสนอแนวทางการปรับปรุง..... 99
5.4.3 ผลการเปรียบเทียบรอบเวลาการผลิตและอัตราการผลิตก่อน และหลังการปรับปรุง..... 104
5.4.4 แนวทางในการพัฒนาเพื่อบรรลุเป้าหมายในอนาคต..... 104
5.5 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อเวลาการทำงานของแต่ละสถานี..... 108

บทที่ 6 วิเคราะห์และอภิปรายผล..... 114
6.1 การศึกษารอบเวลาการผลิตก่อนปรับปรุง..... 114
6.2 การคำนวณกำลังการผลิตที่อิงจากเวลามาตรฐานประเมินและอิงจากเวลาที่ใช้ในปัจจุบัน..... 116
6.3 การเปรียบเทียบรอบเวลาการผลิตและกำลังการผลิตที่อิงเวลามาตรฐานประเมินและอิงจากเวลาที่ใช้ปัจจุบัน..... 116
6.4 ผลการปรับปรุงเพื่อเพิ่มอัตราการผลิต..... 117

บทที่ 7 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ..... 119
7.1 สรุปผลงานวิจัย..... 119
7.2 ปัญหาและอุปสรรคในงานวิจัย..... 121
7.3 ข้อจำกัดในงานวิจัย..... 122
7.4 ข้อเสนอแนะ..... 122

รายการอ้างอิง..... 124
ภาคผนวก..... 127
ภาคผนวก ก ข้อมูลเวลาที่ได้จากการบันทึกเวลาการทำงานด้วยกล้องถ่ายวีดีโอเทป..... 128
ภาคผนวก ข แสดงเปอร์เซ็นต์เวลาเผื่อในการทำงาน..... 130
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 132

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.1	แสดงการเปรียบเทียบระยะเวลาที่ใช้ในการก่อสร้างบ้านเดี่ยว 2 ชั้น โดยวิธีการแบบเดิมและวิธีการก่อสร้างบ้านสำเร็จรูป……	3
2.1	ตัวอย่างการกำหนดงานและลำดับงานก่อนหลังของร้าน Vicki's Pizzeria.....	21
2.2	กำหนดกิจกรรมงานให้กับสายการผลิต……	24
3.1	สรุปรายละเอียดสถานีงานและหน้าที่การทำงาน……	36
3.2	การจำแนกจำนวน Bay และ U ของแต่ละสถานีงานและการเคลื่อนย้ายโต๊ะงาน……	44
3.3	สรุปรายละเอียดกระบวนการผลิตในสถานีงาน……	49
4.1	สัญลักษณ์และความหมายของตัวแปรต่าง ๆ……....	52
5.1	ผลการศึกษาเวลาการทำงานในสถานีงาน.....	75
5.2	แสดงการประเมินเวลามาตรฐานในสถานีงาน……	77
5.3	แสดงรอบเวลาการผลิตของสถานีโดยประเมินจากเวลามาตรฐานประเมิน…….	78
5.4	แสดงประสิทธิภาพของสถานีงานโดยอิงจากเวลามาตรฐานประเมิน……..	79
5.5	ผลการศึกษาเวลามาตรฐานประเมินของสถานีงาน……	80
5.6	แสดงรอบเวลาการผลิตที่อิงเวลาที่ใช้ในปัจจุบัน……..	83
5.7	แสดงประสิทธิภาพของสถานีงานโดยอิงจากเวลาที่ใช้ในปัจจุบัน……	84
5.8	ผลการศึกษารอบเวลาการผลิตโดยอิงจากเวลาที่ใช้ในปัจจุบัน……	85
5.9	แสดงการคำนวณกำลังการผลิตโดยอิงรอบเวลาการผลิตจากเวลามาตรฐานประเมินและจากเวลาที่ใช้ในปัจจุบัน……	88
5.10	แสดงรอบเวลาการผลิตของกระบวนการผลิตที่อิงกำลังการผลิตตามเป้าหมายโรงงาน……	88
5.11	แสดงการคำนวณเปรียบเทียบประสิทธิภาพที่อิงจากเวลามาตรฐานและจากเวลาที่ใช้ในปัจจุบัน……	92
5.12	ค่าสัมประสิทธิของความผันแปรของสถานีงานที่ใช้เครื่องจักรและกระบวนการทางเคมี……..	93
5.13	ค่าสัมประสิทธิของความผันแปรของสถานีงานที่พนักงานทำงาน……	94
5.14	สาเหตุและการแก้ไขปรับปรุงสถานีงานที่เป็นคอขวด……...	103

5.15	ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อเวลาการทำงานของแต่ละสถานีงาน……	108
5.16	สมการถดถอยเชิงเส้นของสถานีต่างๆ……..	109
5.17	ผลการทดสอบสัมประสิทธิสหสัมพันธ์ในสถานีต่างๆ……...	110
5.18	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของแบบจำลองสมการถดถอยของสถานี Shuttering……	111
5.19	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของแบบจำลองสมการถดถอยของสถานี Reinforcement จำนวนแผ่นชิ้นงานบนโต๊ะงาน……...	111
5.20	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของแบบจำลองสมการถดถอยของสถานี Reinforcement จำนวนจุดของการผูกที่วัสดุฝัง……..	111
5.21	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของแบบจำลองสมการถดถอยของสถานี Removing……...	112
5.22	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของแบบจำลองสมการถดถอยของสถานี Tilting	112
5.23	ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อเวลาการทำงานในแต่ละสถานีงาน……	113
7.1	สรุปรอบเวลาการผลิตและอัตราการผลิตของการวิจัย……..……	121

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	การศึกษาการทำงาน.....	7
2.2	แสดงสัญลักษณ์มาตรฐานของแผนภูมิกระบวนการผลิต.....	8
2.3	นาฬิกาจับเวลาแบบทศนิยมนาที.....	9
2.4	รูปแบบหลักการของกำลังการผลิต.....	15
2.5	แสดงสถานีที่เป็นจุดคอขวด (Bottleneck).....	19
2.6	ความสัมพันธ์ลำดับก่อนหลังของกิจกรรมงาน.....	21
3.1	ชิ้นส่วนคอนกรีตเสริมเหล็กสำเร็จรูป.....	33
3.2	ภาพรวมกระบวนการผลิตชิ้นส่วนคอนกรีตเสริมเหล็กสำเร็จรูป.....	34
3.3	กระบวนการผลิตชิ้นส่วนคอนกรีตเสริมเหล็กสำเร็จรูป.....	35
3.4	ขั้นตอนการทำความสะอาดและเคลือบน้ำมัน.....	39
3.5	ขั้นตอนการกำหนดตำแหน่งอุปกรณ์.....	39
3.6	ขั้นตอนการวางแบบกั้นข้าง.....	40
3.7	ขั้นตอนการติดตั้งอุปกรณ์.....	40
3.8	ขั้นตอนการวางโครงเหล็กเสริมความแข็งแรง.....	41
3.9	ขั้นตอนการเทคอนกรีต.....	41
3.10	ขั้นตอนการขัดผิวหน้าคอนกรีต.....	42
3.11	ขั้นตอนการบ่มคอนกรีต.....	42
3.12	ขั้นตอนการถอดแบบกั้นข้าง.....	43
3.13	ขั้นตอนการยกชิ้นส่วนคอนกรีตเสริมเหล็กสำเร็จรูป.....	43
3.14	แผนผังกระบวนการผลิตชิ้นส่วนคอนกรีตเสริมเหล็กสำเร็จรูป.....	45
3.15	แสดงสัญลักษณ์เวลาของกระบวนการผลิต โดยการบันทึกด้วยระบบคอมพิวเตอร์.....	46
4.1	รูปแสดงสัญลักษณ์เวลาและการเคลื่อนย้ายของโต๊ะงานจากสถานีที่ i ไปยังสถานีที่ i+1.....	51
4.2	แสดงเวลาการข้าวของโต๊ะงานที่สถานีงาน.....	55
4.3	ขั้นตอนการคำนวณรอบเวลาการผลิตของสถานีงาน.....	56

ภาพที่		หน้า
4.4	ขั้นตอนการศึกษารอบเวลาการผลิตของสถานีงานและกระบวนการผลิตก่อนการปรับปรุง.....	67
4.5	ขั้นตอนการคำนวณกำลังการผลิตโดยอิงรอบเวลาการผลิตที่ประเมินจากเวลามาตรฐานประเมินและจากเวลาที่ใช้ในการผลิต.....	68
4.6	ขั้นตอนการปรับปรุง เพื่อเพิ่มอัตราการผลิต.....	69
5.1	ขั้นตอนและเวลาการทำงานของสถานี Cleaning และPlottering.....	72
5.2	ขั้นตอนและเวลาการทำงานของสถานี Shuttering.....	72
5.3	ขั้นตอนและเวลาการทำงานของสถานี Insert.....	73
5.4	ขั้นตอนและเวลาการทำงานของสถานี Reinforcement.....	73
5.5	ขั้นตอนและเวลาการทำงานของสถานี Casting.....	73
5.6	ขั้นตอนและเวลาการทำงานของสถานี Casting และ Smoothening.....	74
5.7	ขั้นตอนและเวลาการทำงานของสถานี Curing.....	74
5.8	ขั้นตอนและเวลาการทำงานของสถานี Removing.....	74
5.9	ขั้นตอนและเวลาการทำงานของสถานี Tilting.....	74
5.10	แสดงสถานีงานที่เป็นจุดคอขวดที่อิงเวลามาตรฐานประเมิน.....	81
5.11	แสดงสถานีงานที่เป็นจุดคอขวดที่อิงเวลาที่ใช้ในปัจจุบัน.....	86
5.12	รอบเวลาการผลิตของแต่ละสถานีงานที่อิงเวลามาตรฐานประเมิน.....	89
5.13	รอบเวลาการผลิตของแต่ละสถานีงานที่อิงเวลาที่ใช้ในปัจจุบัน.....	89
5.14	เปรียบเทียบรอบเวลาการผลิตของสถานีงานต่างๆ ที่อิงจากเวลามาตรฐานประเมินและจากเวลาที่ใช้ในปัจจุบัน.....	91
5.15	เปรียบเทียบประสิทธิภาพเวลามาตรฐานประเมินเทียบกับเวลาที่ใช้ในปัจจุบัน..	91
5.16	เวลาการทำงานที่อิงเวลามาตรฐานประเมิน.....	96
5.17	เวลาการทำงานที่อิงเวลาที่ใช้ในปัจจุบัน.....	96
5.18	รอบเวลาการผลิตของสถานีงานคอขวดที่อิงเวลาที่ใช้ในปัจจุบัน.....	100
5.19	แสดงสถานีคอขวดหลังการปรับปรุง.....	105
5.20	เปรียบเทียบเวลาการผลิตของสถานีงานต่างๆ ระหว่างก่อนและหลังปรับปรุง....	106
5.21	เปรียบเทียบรอบเวลาการผลิตและเป้าหมายโรงงาน.....	106
5.22	ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาการผลิตและกำลังการผลิตที่ระดับชั่วโมงการทำงานต่างๆ ต่อเดือน และที่ระดับร้อยละต่างๆ ของ FDC.....	107

สัญลักษณ์และคำย่อ

Code	ชื่อ	ตัวแปร	หน่วย
% AT_i	% Allowance time	เปอร์เซนต์เวลาเผื่อของสถานีที่ i	%
AT_i	Allowance time	เวลาเผื่อของสถานีที่ i	นาที
BT_i	Basic time	เวลาการทำงานพื้นฐานของสถานีที่ i	นาที
CT_i	Cycle time	รอบเวลาการผลิตของสถานีที่ i	นาที/โต๊ะงาน
CT_p	Cycle time of process	รอบเวลาการผลิตของกระบวนการผลิต	นาที/โต๊ะงาน
EST_i	Estimated standard time	เวลามาตรฐานประเมินของสถานีที่ i	นาที/โต๊ะงาน
ET_i	External transport time	เวลาเคลื่อนย้ายของโต๊ะงานระหว่างสถานีนอกระบบรางเลื่อนของสถานีที่ i	นาที
ID_i	Idle time	เวลาสูญเปล่าในระหว่างการทำงานของสถานีที่ i	นาที
IT_i	Internal transport time	เวลาเคลื่อนย้ายของโต๊ะงานระหว่างสถานีในระบบรางเลื่อนของสถานีที่ i	นาที
K	ค่าคงที่	จำนวนชั่วโมงการทำงาน 524 ชั่วโมงต่อเดือนโดยเฉลี่ย	
N_{Bay}	Number of bay	จำนวนสถานีงานย่อย (Bay)	Bay
N_U	Number of unit	จำนวนหน่วยงานย่อย (U)	U
OT_i	Observed time	เวลาที่ศึกษาจากวีดีโอของสถานีที่ i	นาที
PR	Production rate	อัตราการผลิต	โต๊ะงาน/นาที
Rating	Rating	ค่าประเมินการทำงาน ของสถานีที่ i	%
SL_i	Station lead-time	เวลาที่ใช้ของสถานีที่ i	นาที
TT_i	Total time	เวลาเคลื่อนย้ายของโต๊ะงานระหว่างสถานีภายในและภายนอกระบบรางเลื่อนของสถานีที่ i	นาที
WT_i	Waiting time	เวลารอเพื่อส่งมอบสถานีถัดไปของสถานีที่ i	นาที

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

เศรษฐกิจในปัจจุบันเติบโตขึ้นอย่างรวดเร็ว และระบบขนส่งมวลชนขนาดใหญ่ได้ขยายออกไปสู่นอกเมืองมากขึ้น จึงส่งผลให้ความต้องการในตลาดบ้านเดี่ยว ทาวน์เฮาส์ และบ้านแฝดมีเพิ่มมากขึ้น ดังนั้น สิ่งที่สำคัญสำหรับผู้ประกอบการธุรกิจพัฒนาอสังหาริมทรัพย์ คือ การบริหารต้นทุนในการก่อสร้าง ด้วยการควบคุมค่าใช้จ่ายในการสร้างบ้าน โดยที่มาตรฐานความสวยงามความมั่นคงแข็งแรงก็ต้องยังอยู่ในระดับที่สามารถแข่งขันในตลาดได้

ซึ่งโดยส่วนใหญ่ผู้ประกอบการจะจ้างผู้รับเหมาเพื่อดำเนินการก่อสร้าง และใช้ระบบการก่อสร้างแบบเดิม (Conventional System) คือ ระบบการก่อสร้างโดยใช้ระบบเสาและคานในการรับน้ำหนัก ใช้คอนกรีตหล่อกับที่และจะทำการก่อสร้างที่โครงการนั้น โดยขั้นตอนในการก่อสร้างเริ่มตั้งแต่การขุดดินเพื่อทำฐานราก สร้างเสา คาน พื้น ไปจนกระทั้งหลังคา แล้วเข้าสู่ขั้นตอนของระบบงานท่อไฟ ท่อประปา รวมถึงก่อกำแพงและตกแต่ง ซึ่งจะเห็นว่าระยะเวลาการก่อสร้างจะใช้เวลานาน งานขึ้นอยู่กับฝีมือแรงงาน อีกทั้งมาตราส่วนในการผสม (หิน ทราย ปูน) ในแต่ละครั้งมีคุณสมบัติไม่สม่ำเสมอกัน ซึ่งส่งผลต่อคุณภาพของคอนกรีต ตลอดจนเกิดมลภาวะทางเสียงและฝุ่นผงที่เกิดจากการก่อสร้าง และในบางครั้งระยะเวลาในการส่งมอบให้ลูกค้าไม่เสร็จตามเวลาที่กำหนดไว้ อันเนื่องจากผู้ประกอบการเกิดสภาพคล่องทางการเงินหรือสภาพอากาศในขณะนั้น

ดังนั้นถ้าผู้ประกอบการสามารถนำเทคโนโลยีเข้ามาประยุกต์ใช้ในการก่อสร้าง มีส่วนช่วยให้มีต้นทุนต่ำลงและยังสามารถตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้าที่เพิ่มขึ้นได้ และทางเลือกหนึ่งที่กำลังได้รับความสนใจจากผู้ประกอบการ คือ ระบบการก่อสร้างบ้านสำเร็จรูป

ระบบการก่อสร้างบ้านสำเร็จรูป (Prefabrication System) คือ ระบบโครงสร้างผนังรับน้ำหนัก (Wall Bearing System) โดยไม่ต้องอาศัยเสาและคาน แต่จะใช้ผนังเป็นตัวรับน้ำหนักแทน วิธีการก่อสร้างเป็นการหล่อชิ้นส่วนคอนกรีตเสริมเหล็กไม่ว่าจะเป็นแผ่นพื้น และผนังสำเร็จรูป และยังมีการกำหนดตำแหน่งและเจาะช่อง เปิดประตู-หน้าต่าง การวางระบบท่อไฟฟ้าท่อประปาไว้ในขั้นตอนการผลิตจากโรงงาน และนำไปติดตั้งยังสถานที่ก่อสร้าง ดังนั้น ชิ้นส่วนคอนกรีตที่ผลิตออกมาจึงมีคุณภาพมาตรฐานเท่าเทียมกันทุกแผ่น โครงสร้างบ้านมีความมั่นคงแข็งแรง และจำนวนแรงงานก่อสร้างที่ใช้น้อยลง แก้ปัญหาการหยุดชะงักของงานอันเนื่องจาก

สภาพดินฟ้าอากาศที่ไม่อำนวยและลดระยะเวลาการก่อสร้าง รวมทั้งทำให้ประหยัดต้นทุนและค่าแรง (บ้านสำเร็จรูป, 2548)

ถ้าเปรียบเทียบความรวดเร็วในการก่อสร้างบ้าน 1 หลัง การก่อสร้างโดยวิธีแบบเดิมต้องใช้เวลา 5-6 เดือน แต่การก่อสร้างบ้านสำเร็จรูปโดยที่เพียงยกชิ้นส่วนต่างๆ ของบ้านมาติดตั้ง และตกแต่งเพิ่มเติมในส่วนรายละเอียดปลีกย่อย พบว่าจะใช้เวลาการก่อสร้างจนแล้วเสร็จพร้อมเข้าอยู่อาศัยประมาณ 2 เดือนเศษ ดังตารางที่ 1.1 แสดงการเปรียบเทียบระยะเวลาที่ใช้ในการก่อสร้างบ้านเดี่ยว 2 ชั้น โดยวิธีการแบบเดิมและวิธีการก่อสร้างบ้านสำเร็จรูป และเมื่อเปรียบเทียบด้านต้นทุนและค่าแรง พบว่าการก่อสร้างด้วยวิธีการก่อสร้างบ้านสำเร็จรูปสามารถตั้งราคาขายบ้านได้ต่ำกว่าในอัตราร้อยละ 15 - 20 สำหรับบ้านทาวน์เฮาส์ และร้อยละ 10 – 15 สำหรับบ้านเดี่ยว เมื่อเทียบกับบ้านในรูปแบบ ขนาด และทำเลที่ใกล้เคียงกัน

โรงงานตัวอย่างได้นำเทคโนโลยีก่อสร้างบ้านสำเร็จรูป (Precast) ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่ทันสมัยที่สุดจากเยอรมันมาใช้เป็นรายแรกของประเทศไทย และได้สร้างโรงงานผลิตชิ้นส่วนคอนกรีตเสริมเหล็กสำเร็จรูป (Precast Concrete Factory) ที่ครบวงจร เพื่อผลิตชิ้นส่วนคอนกรีตเสริมเหล็กสำเร็จรูปแต่ละส่วนของบ้าน ก่อนที่จะนำไปประกอบเป็นบ้านทาวน์เฮาส์ และบ้านเดี่ยวที่โครงการก่อสร้าง ซึ่งดำเนินงานมาเป็นระยะเวลากว่า 3 ปี กำลังการผลิตปัจจุบันมีความผันผวนและไม่คงที่แน่นอน แม้ว่าความต้องการตลาดมีมากกว่ากำลังการผลิตก็ตาม จากการสำรวจการผลิตของโรงงานตัวอย่างปัจจุบัน มีค่าประมาณร้อยละ 56 ของกำลังการผลิตตามการออกแบบโรงงาน ผู้บริหารจึงมีความต้องการเพิ่มอัตราการผลิตให้ได้ร้อยละ 80 ของกำลังการผลิตตามการออกแบบโรงงาน กลยุทธ์หนึ่งที่จะใช้ในการเพิ่มกำลังการผลิตให้ได้ตามเป้าหมายก็คือการค้นหาเวลาสูญเปล่าและสถานีงานที่เป็นต้นเหตุ เพื่อปรับสมดุลการผลิตและการลดรอบเวลาในการผลิต

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

งานวิจัยนี้ มีวัตถุประสงค์ ดังนี้

1. เพื่อวิเคราะห์หากำลังการผลิตและขั้นตอนการผลิตที่ทำให้เกิดความล่าช้า
2. เพื่อเสนอแนวทางการปรับปรุงกระบวนการผลิต โดยพิจารณาการลดรอบเวลาการผลิตของแต่ละสถานีงาน

ตารางที่ 1.1 แสดงการเปรียบเทียบระยะเวลาที่ใช้ในการก่อสร้างบ้านเดี่ยว 2 ชั้น โดยวิธีการแบบเดิมและวิธีการก่อสร้างบ้านสำเร็จรูป

ลำดับ	รายการลักษณะงาน	การก่อสร้างแบบเดิม (วัน)	การก่อสร้างบ้านสำเร็จรูป (วัน)
1	วางผังและตอกเสาเข็มคอนกรีต	5	5
2	ฐานราก คานคอดิน และพื้นคอนกรีต	20	3
3	เสาชั้น 1 และคาน พร้อมพื้นคอนกรีตชั้น 2	16	2
4	เสาชั้น 2 และคานรับโครงหลังคา	10	2
5	ติดตั้งโครงหลังคาเหล็ก	5	5
6	งานรั้วรอบบ้าน	12	3
7	งานมุงกระเบื้องหลังคา	5	5
8	ก่ออิฐ ฉาบปูนเรียบพร้อมวงกบชั้น 1	20	4
9	งานก่ออิฐ ฉาบปูนเรียบพร้อมวงกบชั้น 2	20	4
10	งานระบบประปา และสุขาภิบาล ชั้น 1 และ 2	7	2
11	งานติดตั้งบานประตูหน้าต่างชั้น 1 และ 2	5	5
12	งานปูกระเบื้องพื้นและผนัง พร้อมติดตั้งสุขภัณฑ์	20	10
13	งานบันไดไม้ ปาร์เก้ พร้อมขัด และติดบัวเชิงผนัง	15	10
14	งานทาสีและงานเก็บชั้น 1 และ 2	15	10
รวมระยะเวลาที่ใช้ในการก่อสร้าง		175	70

ที่มา : www.ps.co.th

1.3 สมมติฐานและขอบเขตของงานวิจัย

สำหรับงานวิจัยนี้ ได้มีการกำหนดสมมติฐานและขอบเขตของงานวิจัยไว้ ดังนี้

1.3.1 สมมติฐาน

1. ศึกษาเฉพาะการทำงานที่เป็นปกติของแต่ละสถานีงาน
2. แบบบ้าน 1 หลังประกอบไปด้วย 11 โต๊ะงาน
3. กำลังการผลิตตามการออกแบบโรงงานสูงสุดที่ 300 หลังต่อเดือน หรือคิดเป็นร้อยละ 100 ของกำลังการผลิตตามการออกแบบโรงงาน

4. จำนวนชั่วโมงการทำงานอ้างอิงต่อเดือนสูงสุด เท่ากับ 548 ชั่วโมง
   จำนวนชั่วโมงการทำงานอ้างอิงต่อเดือนโดยเฉลี่ย เท่ากับ 524 ชั่วโมง
   จำนวนชั่วโมงการทำงานอ้างอิงต่อเดือนต่ำสุด เท่ากับ 504 ชั่วโมง
5. ชั่วโมงการทำงานคิดจากเวลาทำงานจริงไม่รวมวันหยุดงาน เครื่องจักรขัดข้องและการซ่อมบำรุง
6. จำนวนบุคคลากรประจำสถานีงานทั้งหมดเท่ากับ 124 คนต่อวัน, วันละ 2 กะ
7. การทำงานแยกเป็น 2 กะ ๆ ละ 11 ชั่วโมงทำงานในทุกสถานีงาน ยกเว้น สถานี Smoothening จะมี 12 ชั่วโมงทำงาน

1.3.2 ขอบเขตของงานวิจัย

1. ศึกษากระบวนการผลิตชิ้นส่วนคอนกรีตเสริมเหล็กสำเร็จรูป ประกอบไปด้วย 9 สถานี ได้แก่ (1) สถานีกำหนดตำแหน่งอุปกรณ์ (Plottering) (2) สถานีวางแบบกั้นข้าง (Shuttering) (3) สถานีติดตั้งอุปกรณ์ (Insert) (4) สถานีวางโครงเหล็กเสริมความแข็งแรง (Reinforcement) (5) สถานีเทคอนกรีต (Casting) (6) สถานีขัดผิวหน้าคอนกรีต (Smoothening) (7) สถานีบ่มคอนกรีต (Curing) (8) สถานีถอดแบบ (Removing) และ (9) สถานียกชิ้นงานเก็บ (Tilting)
2. ขนาดตัวอย่างที่นำมาทำการศึกษาเวลาการทำงานได้กำหนดไว้ 3 ตัวอย่างต่อสถานี
3. ประเภทบ้านตัวอย่างจะถูกคัดเลือกโดยผู้บริหารจากฝ่ายที่เกี่ยวข้องร่วมกัน โดยพิจารณาประเภทบ้านที่มีชิ้นส่วนประกอบซับซ้อน ปานกลาง และน้อย

1.4 วิธีดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินงาน สรุปได้ดังนี้

1. ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาการทำงานและการวิเคราะห์กำลังการผลิต
2. ศึกษากระบวนการผลิต ขั้นตอนการปฏิบัติงาน และสภาพปัญหาที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน
3. ศึกษารอบเวลาการผลิตก่อนการปรับปรุง
   1) เก็บรวบรวมข้อมูลที่ได้จากการบันทึกเวลาการทำงาน
   2) ประเมินเวลามาตรฐานของแต่ละสถานีงาน
   3) สำรวจเวลาที่ใช้ในแต่ละสถานีงานในปัจจุบัน

4. คำนวณกำลังการผลิตโดยอิงรอบเวลาการผลิตที่ประเมินจากเวลามาตรฐานประเมินและจากเวลาที่ใช้ในปัจจุบัน
5. เปรียบเทียบผลการศึกษารอบเวลาการผลิตและกำลังการผลิตที่ประเมินจากเวลามาตรฐานประเมินและจากเวลาที่ใช้ในปัจจุบัน
6. การปรับปรุงเพื่อเพิ่มอัตราการผลิต
    1) วิเคราะห์หาสาเหตุความล่าช้าของกระบวนการผลิตก่อนการปรับปรุง
    2) นำเสนอและประยุกต์แนวทางการปรับปรุง
    3) เปรียบเทียบรอบเวลาการผลิตและอัตราการผลิตก่อนและหลังการปรับปรุง
7. วิเคราะห์และอภิปรายผล
8. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย มีดังนี้

1. โรงงานตัวอย่างทราบเวลาในการผลิตที่ควรเป็นของแต่ละสถานีและกำลังการผลิตที่ควรเป็นของโรงงาน
2. โรงงานตัวอย่างสามารถนำหลักการศึกษาการทำงานมาปรับปรุงกระบวนการผลิตได้อย่างเหมาะสม
3. โรงงานตัวอย่างสามารถลดเวลาสูญเปล่าของพนักงานที่ไม่จำเป็นได้ และทำให้อัตราการผลิตเพิ่มขึ้น
4. เป็นแนวทางในการวางแผนกำลังการผลิต เพื่อจัดสรรทรัพยากรที่มีอยู่ให้เกิดประโยชน์สูงสุดและสามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าให้ได้สูงสุดเช่นเดียวกัน
5. สามารถนำวิธีการในการวิเคราะห์กำลังการผลิตไปประยุกต์ใช้กับโรงงานที่มีกระบวนการผลิตใกล้เคียงกันได้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เนื้อหาในบทนี้จะกล่าวถึง การศึกษาวิธีทำงาน เทคนิคการวัดผลงานโดยการศึกษาเวลา การวิเคราะห์กำลังการผลิต รวมถึงการจัดสมดุลสายการผลิต (Line Balancing) เพื่อลดปัญหาคอขวด (Bottleneck) ที่ส่งผลให้สถานีการผลิตในสายการผลิตเดียวกันต้องหยุดชะงัก หรือรองาน และการวิเคราะห์ความถดถอยและสหสัมพันธ์ เพื่อเป็นแนวทางในการพยากรณ์ระยะเวลาการทำงาน และวางแผนการผลิตต่อไป

2.1 การศึกษาการทำงาน (Work Study)

การศึกษาการทำงาน (Work Study) (วิจิตร ตัณฑสุทธิ์, วันชัย ริจิรวนิช, จรูณ มหิทธาฟองกุล และ ชูเวช ชาญสง่าเวช, 2547) เป็นเทคนิคในการกำหนดมาตรฐานของงาน ซึ่งใช้ในการศึกษาอย่างมีระเบียบถึงการทำงานของคน และพิจารณาองค์ประกอบต่างๆ ซึ่งจะมีผลต่อประสิทธิภาพ เพื่อปรับปรุงการทำงานนั้นๆ ให้ดีขึ้น ซึ่งประกอบด้วยเทคนิคอยู่ 2 อย่างคือ

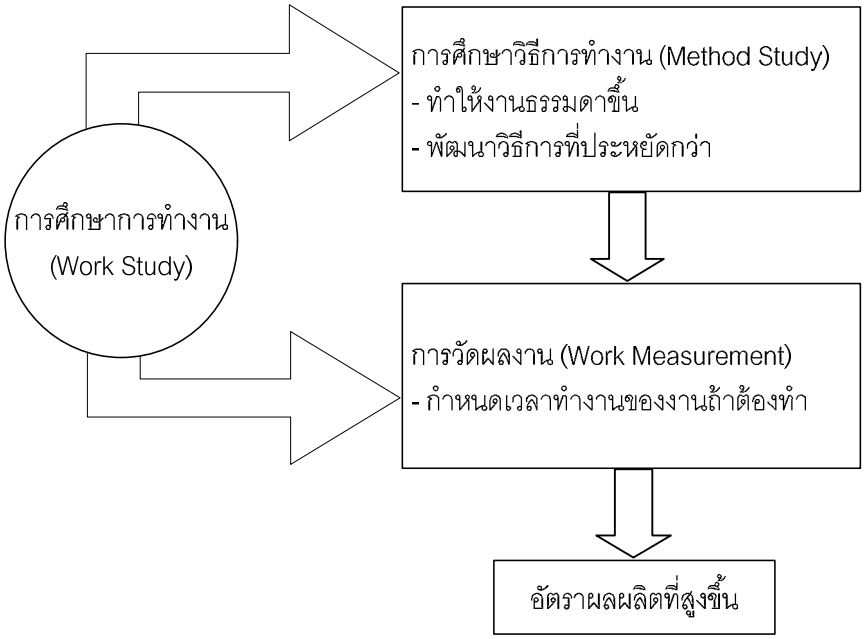
1. การศึกษาวิธีการทำงาน (Method Study) เป็นการบันทึกและวิเคราะห์วิธีการทำงานที่เป็นอยู่หรือที่เสนอแนะไว้อย่างมีระบบเป็นเครื่องมือเพื่อพิจารณาและปรับปรุงใช้งานง่ายขึ้น รวมถึงเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพและลดค่าใช้จ่าย
2. การวัดผลงาน (Work Measurement) เป็นการประยุกต์วิธีการที่ใช้สร้างเวลาทำงานให้กับคนงานที่ต้องตามคุณสมบัติ ในการทำงานที่กำหนดให้ ในระดับการปฏิบัติงานที่ตั้งไว้

เทคนิคทั้ง 2 ซึ่งเป็นองค์ประกอบของการศึกษาการทำงานช่วยในการเพิ่มผลผลิตจากทรัพยากรที่มีอยู่เดิมด้วยค่าใช้จ่ายในการลงทุนที่น้อยลง ซึ่งมีความสัมพันธ์กัน ดังรูปที่ 2.1

โดยขั้นตอนของการศึกษาการทำงานแบ่งเป็น 8 ขั้นตอนดังนี้

1. เลือก งานหรือขบวนการที่จะทำการศึกษา
2. บันทึกและสังเกตการณ์โดยตรง ในทุกสิ่งที่เกิดขึ้นหรือขบวนการที่เลือกโดยการใช้วิธีการบันทึกที่เหมาะสม เพื่อเป็นข้อมูลที่เหมาะสมในการวิเคราะห์
3. ตรวจตรา ข้อเท็จจริงที่บันทึก โดยพิจารณาถึงจุดประสงค์ของการทำงาน สถานที่ที่ทำงาน ลำดับการทำงานของงาน คนทำงานและวิธีการอุปกรณ์ทำงาน

4. พัฒนา วิธีการที่ประหยัดในการทำงานโดยพิจารณาสิ่งแวดล้อมทั้งหมด
5. วัด ปริมาณที่ต้องทำในวิธีการทำงานที่เราเลือกใช้และมาตรฐานเวลา
6. นิยาม วิธีการทำงานที่เสนอขึ้นใหม่และเวลาที่เกี่ยวข้องเพื่อการอ้างอิง
7. ใช้งาน วิธีการทำงานที่เสนอขึ้นใหม่โดยมีมาตรฐานของงานตามที่กำหนดไว้
8. ดำรง มาตรฐานของงานที่กำหนดขึ้นโดยวิธีการควบคุมที่เหมาะสม



รูปที่ 2.1 การศึกษาการทำงาน

2.1.1 **การศึกษาวิธีการทำงาน** (Method Study)

การศึกษาวิธีการทำงาน (วันชัย ริจิรวนิช, 2545) คือ การปรับปรุงวิธีการทำงานใหม่ให้มีความซับซ้อนและยุ่งยากน้อยลง และเป็นการลดการทำงานโดยการจำกัดการเคลื่อนไหวหรือการทำงานที่ไม่จำเป็นออกไปแล้วเปลี่ยนเป็นวิธีทำงานใหม่

แผนภูมิกระบวนการผลิต (Flow Process Chart) คือ เครื่องมือที่ใช้บันทึกกิจกรรมที่เกิดขึ้นและแสดงการเคลื่อนย้ายตามลำดับก่อนหลัง หรือแนวทางการทำงานของผลิตภัณฑ์ ซึ่งแสดงสัญลักษณ์มาตรฐานของแผนภูมิกระบวนการผลิต มี 5 สัญลักษณ์ แสดงดังรูปที่ 2.2

1. การปฏิบัติงาน (Operation) คือ กิจกรรมที่ทำให้วัสดุเปลี่ยนแปลงไปอย่างจงใจ กิจกรรมแยกประกอบ กิจกรรมที่จัดเตรียมสำหรับผลิต รวมถึงการรับข่าวสาร การคำนวณและการวางแผน

2. การเคลื่อนย้าย (Transportation) คือ กิจกรรมที่ทำให้วัสดุเคลื่อนย้ายจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง ยกเว้นการเคลื่อนย้ายขณะอยู่ในขั้นตอนการผลิต และกรณีที่เป็นการเคลื่อนย้ายโดยภายในสถานีงานระหว่างการตรวจสอบ
3. การตรวจสอบ (Inspector) คือกิจกรรมที่เกี่ยวกับการตรวจสอบเปรียบเทียบชนิด คุณภาพ ปริมาณวัสดุ
4. ความล่าช้า (Delay) คือ กิจกรรมที่ต้องการหยุดรอ หรือพักก่อนที่จะทำงานขั้นต่อไป
5. การพัก (Storage) คือ กิจกรรมที่วัสดุถูกเก็บ พักหรือ ถูกควบคุมเอาไว้ซึ่งสามารถนำมาใช้ได้ถ้าต้องการ

สัญลักษณ์	ความหมาย
○	กิจกรรมการปฏิบัติงาน (Operation)
⇨	กิจกรรมการเคลื่อนย้าย (Transportation)
□	กิจกรรมการตรวจสอบ (Inspector)
D	การรอหรือความล่าช้า (Delay)
▽	การหยุดหรือการพัก (Storage)

รูปที่ 2.2 แสดงสัญลักษณ์มาตราฐานของแผนภูมิกระบวนการผลิต

2.1.2 **เทคนิคการศึกษาเวลา** (Time Study)

การศึกษาเวลา (Time Study) คือ เทคนิคของการวัดผลงานเพื่อหาเวลาและอัตราทำงานของงานส่วนย่อยของงานชิ้นหนึ่งๆ ภายใต้สภาวะอันหนึ่ง นอกจากนี้ก็เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลในการหาเวลาเท่าที่ควรในการทำงานชิ้นหนึ่งในระดับการทำงานที่เหมาะสม คือ ความเร็วหรือประสิทธิภาพปกติ โดยปกติการศึกษาเวลาจะมีอยู่ 3 ขั้น คือ

1. เวลาจริง (Actual Time) หมายถึงเวลาจริงที่ใช้ในการทำงานได้มาจากการจับเวลาพนักงานคนที่เลือกมา
2. เวลาปกติ (Normal Time) หมายถึง เวลาที่ควรจะใช้ ถ้าพนักงานคนที่เลือกมานั้นทำงานด้วยประสิทธิภาพปกติ เวลาปกติได้จากการปรับเวลาจริงนี้ให้สูงขึ้นหรือลดลง
3. เวลามาตรฐาน (Normal Time) หมายถึง เวลาที่ควรจะใช้ ถ้าพนักงานคนที่เลือกมาทำงานด้วยประสิทธิภาพปกติและการทำงานอย่างเป็นมาตรฐาน

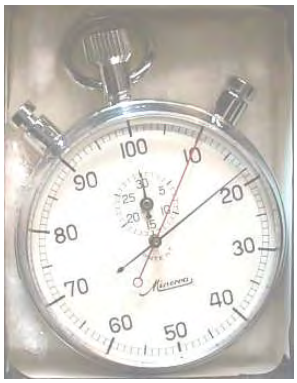
การวัดผลงานจะเกี่ยวข้องไปถึงการบริหารและจัดการ ตลอดไปจนถึงลักษณะการทำงานของคนงาน โดยเหตุนี้การวัดผลงานมักจะได้รับการต่อต้านจากคนงาน ดังนั้นจึงต้องทำความเข้าใจกับทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้อง ซึ่งการวัดผลงานมีจุดประสงค์ดังนี้

1. เป็นเครื่องมืออันหนึ่งช่วยให้ฝ่ายบริหารระยะเวลาในการทำงานของงานแต่ละส่วนที่ประกอบกันเข้าเป็นผลิตภัณฑ์
2. ทำให้ทราบเวลาที่ไร้ประสิทธิภาพ (Ineffective Time Added) ขณะทำงาน ว่าเกิดอยู่ช่วงไหน ซึ่งเวลานี้จะแอบแฝงอยู่ในการผลิตทั้งหมด
3. ช่วยให้สามารถกำหนดเวลามาตรฐาน (Standard Time) ในขณะทำงานแต่ละชิ้นได้ เวลามาตราฐานจะเป็นเครื่องเปรียบเทียบเวลาการทำงานของงานแต่ละชิ้นและถ้าการทำงานของคนนานกว่าเวลามาตราฐานซึ่งอาจจะเกิดจากเวลาที่ไร้ประสิทธิภาพในการทำงานขึ้น

2.1.2.1 **เครื่องมือในการศึกษาเวลา**

เครื่องมืออย่างง่าย ในการศึกษาหาเวลาที่ต้องใช้เสมอคือ นาฬิกาจับเวลา แผ่นไม้กระดาน และแบบฟอร์มบันทึก นาฬิกาจับเวลา มีใช้โดยทั่วไปอยู่ 2 แบบคือ แบบ Flyback และแบบ non-Flyback ส่วนแบบที่ 3 คือ แบบ Split-Hand มีใช้เพียงบางครั้ง

ในการวิจัยนี้ได้ใช้นาฬิกาแบบ Flyback มีสเกลทศนิยมของนาที เข็มยาวหมุน 1 รอบได้ 1 นาที แบ่งช่องเป็น 100 ช่อง ช่องละ 1/100 ของนาที มีเข็มสั้นหมุนไป 1 ช่อง คือ 1 นาที หมุนครบรอบได้ 30 นาที (ทศนิยมของนาที) นาฬิกาแบบนี้สามารถใช้ได้ทั้งแบบเริ่มใหม่ (Flyback) หรือแบบทบเวลา (Cummulative) มีลักษณะดังรูป 2.3



รูปที่ 2.3 นาฬิกาจับเวลาแบบทศนิยมนาที

2.1.2.2 ขั้นตอนการศึกษาเวลาทำงาน

การศึกษาหาเวลาทำงานประกอบด้วย 8 ขั้นตอน ดังนี้

1. **การเลือก (Select) งานที่ต้องศึกษา**

การเลือกงานที่ต้องศึกษา พิจารณาดังนี้

- งานชิ้นนั้นเป็นงานใหม่ในโรงงานไม่เคยทำมาก่อน
- การเปลี่ยนวัสดุหรืออุปกรณ์หรือวิธีการทำงาน ต้องใช้เวลามาตรฐานใหม่
- ได้รับคำร้องเรียนหรือวิจารณ์เกี่ยวกับเวลามาตรฐานเดิม
- มีงานจุดคอขวด (Bottleneck) ที่จุดใดจุดหนึ่งของสายประกอบงาน
- เครื่องจักรว่าเกินไปหรือให้ผลงานน้อยเกินไปต้องวิเคราะห์วิธีทำงานใหม่

2. **บันทึก (Record) ข้อมูลและวิธีการทำงานทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับงานชิ้นนี้**

บันทึกข้อมูลและวิธีการทำงานทั้งหมดของงาน ผู้ปฏิบัติงานและสภาพแวดล้อมการทำงาน โดยงานนั้นเป็นงานอะไร ใช้วัสดุอะไร ต้องใช้เครื่องจักรใดบ้าง และมีการจัดวางเครื่องจักร เครื่องมือ วัสดุ และขั้นตอนการทำงาน บันทึกบนกระดาษหรือฟอร์มและทำการจัดกลุ่มชุดข้อมูลแยกออกเป็นหมวดหมู่ เพื่อให้ง่ายต่อการทำงาน

3. **แบ่งงานใหญ่ทั้งหมดออกเป็นงานย่อยๆ**

การแบ่งงานออกเป็นงานย่อย เรียกว่า Elements ต่างๆ เพื่อจะได้จับเวลาแยกเป็นขั้น โดยการแบ่งงานเป็นขั้นๆมีหลักการ 5 ประการดังนี้

1) แยกงานย่อยให้เห็นเด่นชัด โดยมีจุดใดที่เริ่มต้นและจุดไหนสิ้นสุดของงานย่อยนั้น เมื่อเริ่มไปปฏิบัติไปหลายๆวัฏจักรก็สามารถที่จับเวลาของแต่ละงานย่อยได้ โดย อาศัยจุดเริ่มต้นและสิ้นสุดที่กำหนดไว้ก่อน
2) งานย่อยควรมีระยะเวลาที่สามารถวัดหรือจับได้ ถ้าเป็นงานย่อยที่มีช่วงเวลาสั้นช่วงเวลานั้นต้องไม่สั้นจนเกินไป เพราะจะทำให้จับเวลาไม่ได้
3) จัดกลุ่มงานย่อยให้อยู่ในงานเดียวกันแทนที่จะแยก เช่น การหยิบประแจปากตายแล้วนำไปขันน็อตให้แน่น ปกติแล้วสามารถจะแยกอิริยาบถของการใช้มือหยิบประแจ หยิบเคลื่อนไปยังตำแหน่งของน็อต แล้วขันจะพบว่าคนงานจะปฏิบัติงานย่อยเหล่านี้ติดต่อกันตามธรรมชาติ มากกว่าที่จะแยกค่อยๆทำเป็นขั้นตอน จึงควรที่จะจัดให้งานย่อยทั้งหมดนี้อยู่ในกลุ่มงานย่อยอันหนึ่ง แล้วบ่งว่า หยิบประแจหรือ หยิบประแจขันน็อตก็ได้

4) แยกขั้นงานที่คนควบคุมออกจากขั้นงานที่เครื่องจักรควบคุม ให้ได้ชัดเจน เนื่องจากการศึกษาเวลาเป็นการศึกษาเฉพาะบทบาทของคน จึงต้องแยกศึกษางานสองแบบนี้ด้วยวิธีที่ต่างกัน สำรับงานที่คนควบคุมจะจับเวลาและประเมินประสิทธิภาพตามปกติ แต่สำหรับงานที่เครื่องจักรควบคุมนั้น การทำงานขึ้นอยู่กับการตั้งความเร็ว อัตราการป้อน ระยะเวลาของการทำงานจึงไม่อยู่ภายใต้การควบคุมของคน
5) แยกขั้นงานซ้ำซากจากขั้นงานครั้งคราวให้ชัดเจน ขั้นงานซ้ำซากคือ ขั้นที่เกิดขึ้นทุกๆวัฏจักรงาน เช่น การวางวัสดุเข้าที่และใช้เครื่องจักรเจาะรู เป็นต้น สำหรับขั้นงานครั้งคราว คือ ขั้นที่ไม่เกิดขึ้นทุกๆวัฏจักรงาน เช่นการตั้งเครื่องจักร (set up) ครั้งแรกครั้งเดียวสามารถทำให้เครื่องจักรเจาะได้เรื่อยๆไป

4. การจับเวลาแต่ละชิ้นงาน

หลังจากที่ได้แยกงานออกเป็นงานย่อยและบันทึกเรียบร้อย ก็เริ่มจับเวลาได้ การใช้นาฬิกาจับเวลามักจะมีวิธีจับเวลา 2 แบบด้วยกันคือ

1) จับเวลาสะสม (Cumulative Timing) คือ นาฬิกาจะเดินอยู่ตลอดเวลา เริ่มที่งานย่อยอันดับแรกของวัฏจักรแรก และไม่มีการหยุดจนกว่าการจับเวลาจะเสร็จสิ้นลง ในตอนท้ายของแต่ละงานย่อยจะต้องจดเวลาเอาไว้ เวลาของแต่ละงานย่อยสามารถหาได้จากผลต่างของนาฬิกาที่เดินหลังจากจับเวลาเสร็จ
2) จับแต่ละครั้ง (Flyback Timing) การจับเวลาแต่ละครั้ง เข็มนาฬิกาจะกลับมาที่ตำแหน่งศูนย์ในตอนท้าย ของแต่ละงานย่อย และเริ่มจับเวลาของงานย่อยถัดไป เวลาในแต่ละงานย่อยสามารถอ่านได้ทันที นาฬิกาไม่มีการหยุดเดิน เข็มกลับมาที่ศูนย์แล้วจะเริ่มเดินต่อทันที

การจับเวลาสะสม ได้เปรียบกว่าการจับเวลาแต่ละครั้ง ถ้าหากเผลอมิได้จับเวลาของงานย่อยอันใดไป ก็ไม่เกิดผลต่อเวลาทั้งหมด มักนิยมใช้มาก ให้ความถูกต้องมากว่าข้อเสียก็คือ ภายหลังจากจับเวลาแล้ว ต้องใช้เวลาบางส่วน มานั่งบวกลบเลขอีก

5. การหาขนาดตัวอย่าง (Sample Size) ที่ต้องทำการศึกษา

การพิจารณาแต่ละงานย่อยควรใช้ขนาดตัวอย่างเท่าใด ซึ่งมีหลักทางสถิติเข้ามาช่วย คือ สามารถคำนวณได้ว่างานย่อยชิ้นใดจะใช้ขนาดตัวอย่างเท่าใด โดยต้องทดลองจับเวลาจำนวน

หนึ่งก่อน (n') แล้วประยุกต์ใช้สูตรทางสถิติประยุกต์ในการหาขนาดตัวอย่าง (n) ที่เหมาะสม ซึ่งหาได้จากสูตรดังสมการที่ (2.1) โดยใช้ความเชื่อมั่น 95.0 % และให้โอกาสผิดพลาด ± 5 %

$$n = \left[\frac{40\sqrt{n'\sum X^2 - \left(\sum X\right)^2}}{\sum X} \right]^2 \qquad (2.1)$$

n = ขนาดตัวอย่าง

n' = จำนวนครั้งที่ทดลองจับเวลาก่อนการศึกษาเวลา

X = เวลาที่บันทึกได้

6. พิจารณาอัตราการทำงานของผู้ปฏิบัติ โดยเปรียบเทียบกับมาตรฐานของจับเวลา โดยอาศัยหลักการของการประเมิน (Rating)

การประเมินค่า (Rating) เป็นการเปรียบเทียบอัตราการทำงานของคนที่วัดได้จากผู้ศึกษากับอัตราการทำงานมาตรฐานของคนทำงานชิ้นนั้นเสร็จตามปริมาณและคุณภาพที่กำหนด อัตราการทำงานนี้ก็คือ มาตรฐานการประเมินค่า (Standard Rating) และกำหนดให้เป็น 100 ในสเกลของการประเมินค่า ซึ่งค่าการประเมิน แสดงได้ดังสมการที่ (2.2)

$$\text{ค่าการประเมิน} = \frac{\text{เลขประเมิน}}{\text{มาตราฐานการประเมิน}} \qquad (2.2)$$

7. การเปลี่ยนเวลาที่จับได้ (Observed Time) เป็นเวลาพื้นฐาน (Basic Time)

การเปลี่ยนเวลาที่จับได้เป็นเวลาพื้นฐาน (Basic Time) คือ เวลาในการทำงานของงานย่อยชิ้นหนึ่งในมาตรฐานการประเมินค่า ถ้าพบว่าผู้ปฏิบัติงานทำงานช้ากว่ามาตรฐาน เวลาพื้นฐานจะน้อยกว่าเวลาที่จับได้ เวลาพื้นฐาน หรือเวลาปกติ (Normal Time) แสดงได้ดังสมการที่ (2.3)

$$\text{เวลาพื้นฐาน} = \text{เวลาที่จับได้} \times \text{ค่าการประเมิน} \qquad (2.3)$$

8. **พิจารณาเวลาเผื่อ** (Allowance)

ในการทำงานคนงานนั้นต้องออกแรงทำงานรวมไปถึงปริมาณการผักผ่อนที่จำเป็น ซึ่งเกิดจากการเหนื่อยล้าในการใช้แรงงานด้วย โดยเหตุนี้งานในการทำงานแต่ละชิ้นก็เป็น เวลาพื้นฐานบวกกับเวลาเผื่อการพักผ่อน โดยเวลาเผื่อ แบ่งออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่

1) เวลาเผื่อล่าช้า (Delay Allowance) มี 2 ลักษณะ คือ

1.) แบบหลีกเลี่ยงไม่ได้ (Unavoidable delays) เช่น กรณีที่เครื่องจักรเสีย ,วัตถุดิบเสื่อมสภาพและขาดแคลน ,พนักงานไม่พร้อมในการทำงาน

2.) แบบหลีกเลี่ยงได้ (Avoidable delays) เช่น การปรับตั้งและการทำความสะอาดเครื่องจักร,การเปลี่ยนดอกสว่าน ฯลฯ ซึ่งสามารถแก้ไขได้ ถ้ามีการจัดลำดับงานที่ดี

2) เวลาเผื่อส่วนตัว (Personal Allowance) เช่น

การหยุดพักเพื่อไปห้องน้ำ ดื่มน้ำ ซึ่งอาจขึ้นกับสภาพแวดล้อมในการทำงานด้วย เช่น อากาศร้อน หรือเย็น โดยทั่วไป จะคิดค่าเวลาลดหย่อนส่วนตัว ประมาณ 2-5% ต่อ 8 ชั่วโมงทำงาน (ประมาณ 10-24 นาที) แต่ถ้าสภาพการทำงานค่อนข้างร้อน/หนัก อาจเพิ่มให้มากกว่า 5 %

3) เวลาเผื่อเนื่องจากความเมื่อยล้า (Fatigue Allowance)

กรณีที่พนักงานทำงานหนัก ในสภาพอากาศร้อน อึกทึก ซึ่งทำให้เกิดความเครียดและความเมื่อยล้าได้ ดังนั้น จึงจำเป็นต้องมีเวลาลดหย่อนให้กับพนักงาน ทั้งนี้พิจารณาจาก ลักษณะของงานที่ทำ, ความแข็งแรงของพนักงาน, ระยะเวลาในการทำงาน และสภาพแวดล้อมในการทำงาน ฯลฯ

โดยเวลาผักผ่อน เป็นเวลาที่เพิ่มเข้าไปในเวลาพื้นฐาน เพื่อให้คนงานมีโอกาสฟื้นตัวจากสภาพเหนื่อยล้าทางร่ายกายและจิตใจ ขณะทำงานภายใต้สภาวะแวดล้อมอันหนึ่ง และให้คนงานมีเวลาเข้าห้องน้ำทำธุรกิจส่วนตัวได้ เวลานี้ขึ้นอยู่กับลักษณะของแต่ละงาน ดังสมการที่ (2.4)

$$\text{เวลาเผื่อ} = \text{เวลาพื้นฐาน} \times \text{เปอร์เซนต์เวลาเผื่อ} \qquad (2.4)$$

9. **หาเวลามาตรฐาน** (Standard Time)

จากการศึกษาเวลา วัตถุประสงค์ เพื่อให้สามารถหาค่าเวลามาตรฐาน ที่ใช้เป็นตัวแทนสำหรับการทำงานหนึ่งๆ ของพนักงาน และใช้เป็นข้อมูลช่วยในการตัดสินใจให้กับฝ่ายบริหารในเรื่องการวางแผนกำลังคน การจ่ายค่าตอบแทน การประเมินผลการทำงานและการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิต

โดยเวลามาตรฐาน คือ เวลาทั้งหมดซึ่งควรจะทำงานชิ้นนั้นให้แล้วเสร็จด้วยความสามารถทำงานมาตรฐาน การหาเวลามาตรฐานในการทำงาน ซึ่งก็คือ เวลาการผลิตที่ควรจะเป็นของโรงงาน ด้วยสภาพปกติที่เป็นไปตามมาตรฐานงาน เวลามาตรฐานคำนวณได้จากเวลาพื้นฐานบวกด้วยกับเวลาเผื่อ ดังสมการ (2.5) มักบอกหน่วยเป็นนาทีหรือชั่วโมง

$$\text{เวลามาตรฐาน} = \text{เวลาพื้นฐาน} + \text{เวลาเผื่อ} \qquad (2.5)$$

สำหรับการนำค่าเวลามาตรฐานการทำงานที่ได้ไปใช้ มีดังนี้

1.) ใช้เปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานแต่ละวิธี และเลือกวิธีการที่ใช้เวลาน้อยที่สุด

2.) หลังจากที่ศึกษาเวลาในแต่ละงานแล้ว ก็สามารถนำมาจัดสมดุลของสายงานการ ผลิต เพื่อให้แต่ละสถานีงานมีเวลาการทำงานใกล้เคียงกันได้

3.)ใช้เวลามาตรฐานที่ได้เป็นข้อมูลช่วยในการวางแผนการผลิต การจ่ายค่าตอบแทน ฯลฯ

4.) เป็นข้อมูลที่ใช้พิจารณาถึง วันกำหนดส่ง ต้นทุนแรงงาน รวมถึงการกระตุ้นและส่งเสริมพนักงานในการผลิต และประเมินการให้เงินจูงใจ

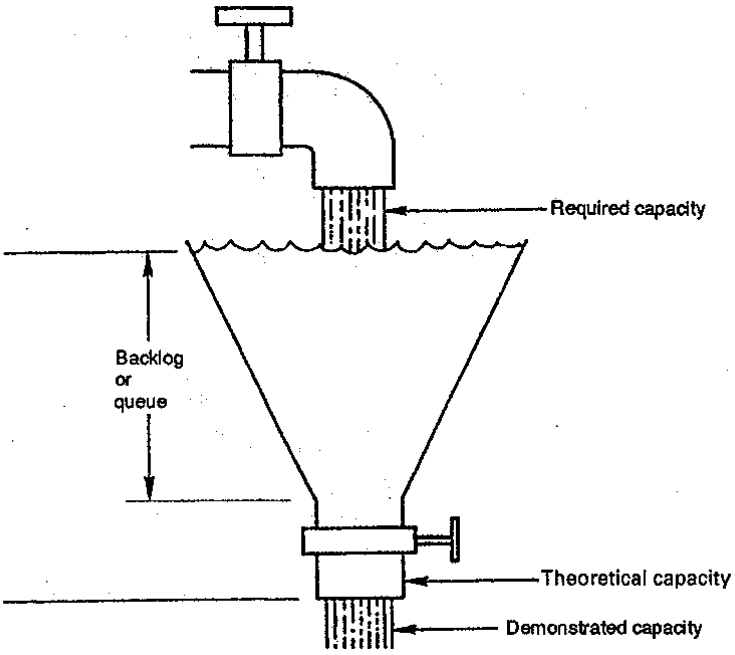
2.2 การวัดกำลังการผลิต (Measuring Capacity)

Martinich,J.S., 1997 ได้ให้ความหมายของคำว่า กำลังการผลิต คือ ความสามารถสูงสุดของการผลิตของหน่วยผลิต ได้แก่ เครื่องจักร พนักงาน สายการผลิต และโรงงาน ที่สามารถผลิตสินค้าหรือบริการได้ในหนึ่งหน่วยเวลา เช่น จำนวนตันต่อสัปดาห์ ต่อเดือน หรือต่อปี

การวัดกำลังการผลิตโดยส่วนใหญ่จะใช้สถานีคอขวดมาวิเคราะห์กำลังการผลิต ซึ่งส่วนใหญ่จะใช้ชั่วโมงการทำงานมาตรฐาน (Standard Hour) ซึ่งเท่ากับเวลามาตรฐาน (Standard Time) ต่อชิ้นคูณจำนวนชิ้นที่ผลิต ซึ่งมีคำต่างๆ ดังนี้

1. กำลังการผลิต (Capacity or Available Capacity) หมายถึง อัตราการผลิตที่ระบบสามารถผลิตได้ ต่อหน่วยของเวลา
2. กำลังการผลิตที่ต้องการ (Required Capacity) หมายถึง กำลังการผลิตที่ต้องการเพื่อใช้ในการทำงานตามตารางการผลิต
3. กำลังการผลิตสูงสุด (Theoretical or Maximum or Design Capacity) หมายถึง กำลังการผลิตสูงสุดที่เป็นไปได้ของระบบ ซึ่งมาจากสมมติฐานของเงื่อนไขที่เป็นอุดมคติ

4. กำลังการผลิตจริง (Demonstrated or Actual or Effective Capacity) หมายถึง อัตราการผลิตที่สามารถคาดการณ์ได้จากประสบการณ์ ซึ่งได้มาจากกำลังคน การทำงานล่วงเวลา จำนวนกะ
5. เวลางานที่ใช้ได้ (Available Work Time or Production or Scheduled Capacity) หมายถึงจำนวนชั่วโมง ตามตารางการผลิต หรือที่ใช้งาน ที่หน่วยงานผลิตระหว่างช่วงเวลานั้นๆ
6. กำลังการผลิตจากการคำนวณ (Calculated or Rated or Nominal Capacity)
7. ปริมาณที่ผลิตได้ (Output) โดยทั่วไปจะอยู่ในรูปของ ชั่วโมงการทำงาน หรือจำวนชิ้นของผลิตที่เสร็จสมบรูณ์ผ่านกระบวนการนั้นๆ
8. แถวคอย (Backlog or Queue) เป็นจำนวนงานที่กำลังรอคอยหลังถูกปล่อยออกมา ซึ่งก็ คือ ปริมาณงานในพื้นที่ทำงานที่ถูกทำโดยระบบการผลิต
9. ภาระงาน (Load) เป็นปริมาณงานที่ถูกกำหนดให้ผลิตโดยระบบการผลิตในช่วงเวลานั้นๆ



รูปที่ 2.4 รูปแบบหลักการของกำลังการผลิต

จากรูปที่ 2.4 ระบบภาระงานเป็นอัตราขาเข้า กำลังการผลิตเป็นอัตราขาออก และองค์กรต้องการให้มีกำลังการผลิตมีความใกล้เคียงกับความต้องการลูกค้า เพราะหากกำลังการผลิตมีมากกว่าความต้องการลูกค้าจะทำให้พนักงานและเครื่องจักรเกิดการว่างงาน ซึ่งทำให้ต้นทุนต่อ

หน่วยสินค้ามีค่าสูงขึ้น แต่หากความต้องการของลูกค้ามีมากกว่ากำลังการผลิตก็จะทำให้เกิดการสูญเสียส่วนแบ่งการตลาดได้

การวัดการผลิตจะวัดจากทรัพยากรที่มีอยู่ในการผลิต (input) หรือ ผลผลิต (output) แล้วแต่ความเหมาะสม กรณีกำลังการผลิตวัดจากผลผลิต ถ้าโรงงานนั้นผลิตสินค้าออกมาชนิดเดียวก็จะสามารถคิดกำลังการผลิตนั้นได้ เช่น ถ้าสายการประกอบคอมพิวเตอร์ 1 ชนิด จะคิดกำลังการผลิตจากจำนวนคอมพิวเตอร์ที่ถูกผลิตออกมาต่อหน่วยเดือน หรือต่อวัน แต่โดยทั่วไปโรงงานจะผลิตสินค้ามากกว่าสองชนิดและผลผลิตออกมาในอัตราที่ต่างกัน เช่น สายการผลิตคอมพิวเตอร์ประเภท Laptop สามารถผลิตได้ 100,000 เครื่องต่อปีและ Desktop สามารถผลิตได้ 150,000 เครื่องต่อปี หรือ Laptop สามารถผลิตได้ 300,000 เครื่องต่อปีและ Desktop สามารถผลิตได้ 50,000 เครื่องต่อปี ซึ่งในกรณีนี้กำลังการผลิตจะวัดจากทรัพยากรที่มีอยู่ในการผลิตอย่างเช่น จำนวนเครื่องจักรต่อชั่วโมง

การวัดกำลังการผลิตที่ใช้ภายใต้เงื่อนไขการดำเนินงานจะสามารถวัดได้ คือ

1. กำลังการผลิตที่ออกแบบไว้ (Design Capacity) คือ อัตราการผลิตของกระบวนการที่ระบบถูกออกแบบไว้ภายใต้เงื่อนไขอุดมคติ (Ideal) ซึ่งเป็นช่วงระยะเวลาสั้นๆ ที่จะสามารถผลิตได้ตามกำลังการผลิตที่ออกแบบไว้ โดยการเพิ่มความเร็วเครื่องจักร การทำงานล่วงเวลา เพื่อสนองตอบความต้องการแต่ทำให้ต้นทุนในการผลิตเพิ่มขึ้น
2. กำลังการผลิตที่ทำได้จริง (Effective Capacity) คือ อัตราการผลิตที่สามารถผลิตได้ภายใต้เงื่อนไขปกติ (Normal) เช่นการพักเครื่องจักรเพื่อบำรุงรักษา การหยุดงาน การอบรมพนักงานหรือมีผลิตภัณฑ์หลายชนิดที่ต้องทำที่เครื่องจักรชนิดเดียวกัน

ดังนั้นจึงต้องมีการวัดประสิทธิภาพของระบบการผลิตเพื่อดูความสามารถของระบบในการใช้ทรัพยากรให้เกิดประโยชน์สูงสุด แสดงได้ดังสมการที่ (2.6)

$$\text{ประสิทธิภาพของระบบการผลิต} = \frac{\text{อัตราผลผลิตที่ได้}}{\text{อัตราผลผลิตที่ออกแบบไว้(ในอุดมคติ)}} \qquad (2.6)$$

ประสิทธิภาพที่ดีของสายการผลิตไม่ได้วัดจากสายการผลิตนั้นต้องทำงานตลอดเวลา โดยไม่ว่าง ในความจริงแล้วประสิทธิภาพสายการผลิตอาจจะจำกัดอยู่ที่ความสามารถของบริษัทที่จะตอบสนองความต้องการของลูกค้า ควรจะมองไปที่การใช้ประโยชน์กำลังการผลิตมากกว่า เพราะเป็นการวัดความสามารถของกำลังการผลิตและคำนวณปริมาณการใช้ทรัพยากรที่แท้จริงของ

ระบบ ดังนั้นกำลังการผลิตที่ทำได้จริงจะมีค่าน้อยกว่ากำลังการผลิตที่ออกแบบไว้ ทั้งนี้อาจมีปัญหาทางด้านเครื่องจักร ด้านแรงงาน หรือความล่าช้าในการเคลื่อนย้ายวัสดุ การจัดตารางการผลิตที่ไม่มีประสิทธิภาพเข้ามามีส่วนทำให้อัตราการผลิตช้าลงได้

2.2.1 ปัจจัยกำหนดกำลังการผลิต

ผลผลิตที่ได้จากกระบวนการผลิตไม่ได้ผลิตออกมาง่ายตามลักษณะทางกายภาพ หรือชนิดของเครื่องจักร หรือจำนวนของพนักงานที่ปฏิบัติงาน แต่กำลังการผลิตจะถูกผลกระทบจากการออกแบบสินค้าและบริการ ความชำนาญของพนักงานและอื่นๆ อีก โดยปัจจัยที่สำคัญมากที่มีผลต่อกำลังการผลิต ดังนี้

1. Process Design การออกแบบกระบวนผลิต เน้นให้มีการจัดสายการผลิตให้มีความสมดุลกัน เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพกำลังการผลิต
2. Product Design การออกแบบผลิตภัณฑ์ ควรออกแบบให้ผลิตได้ง่ายไม่มีความซับซ้อน เพื่อทำให้พนักงานและเครื่องจักรทำงานได้สอดคล้องกัน
3. Product Variety ผลิตภัณฑ์ที่หลากหลายประเภทที่ผลิตในหน่วยผลิตเดียวกันหรือมากกว่า และต้องมีเครื่องมือและงานจำเพาะ เวลาจะสูญเสียไปในการเปลี่ยนผลิตภัณฑ์และติดตั้งเครื่องจักร ส่งผลต่อการลดประสิทธิภาพกำลังการผลิต
4. Product Quality การผลิต การทดสอบคุณภาพและการตรวจสอบคุณภาพเป็นผลต่ออัตราการผลิต
5. Production Scheduling การจัดตารางการผลิตเป็นการทำให้ผลิตภัณฑ์ไหลอย่างสมดุล เกิดขึ้นพร้อมกันและเวลาที่ใช้ในการผลิตสั้น เกิดการใช้ประโยชน์ของเครื่องจักรและคนอย่างเต็มที่
6. Material Management การจัดการวัสดุให้เพียงพอไม่ให้ขาดเพราะจะทำให้สายการผลิตนั้นหยุดและเกิดเวลารอคอย ปรับปรุงโดยการตรวจเช็ค Stock สินค้า
7. Maintenance การหยุดของเครื่องจักรและข้อบกพร่องของเครื่องจักรเป็นผลให้ผลิตสินค้าได้น้อยลง ปรับปรุงโดยการจัดตารางการบำรุงรักษาเครื่องจักร
8. Job Design and Personal Management พนักงานควรได้รับการอบรมวิธีทำงานอย่างถูกวิธี เพราะทำให้จำนวนผลิตภัณฑ์ที่ผลิตออกมามีคุณภาพ

2.3 การจัดสมดุลสายการผลิต

การจัดสมดุลสายการผลิต (Line Balancing) คือ การจัดให้กระบวนการมีระดับความสามารถด้านกำลังการผลิต ที่มีภาวะคอขวดน้อยที่สุด โดย คอขวดในสายการผลิต หมายถึง ภาวะที่กระบวนการถัดไปหรือมีบางกระบวนการเกิดภาวะคั่งค้างของงาน และส่งผลต่อกำลังการผลิตของสายการผลิตนั้น

2.3.1 ปัญหาการจัดสมดุลสายงานผลิต (Line Balancing Problem)

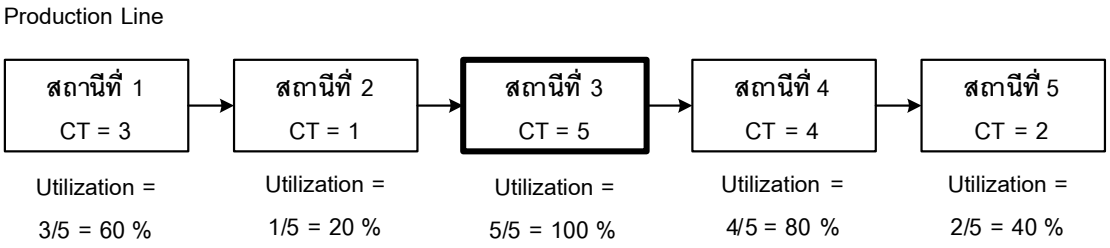
1. วัตถุประสงค์การจัดสมดุลก็คือการจัดงานเข้าสถานีงานเพื่อทำให้เวลาว่างงานของพนักงานมีน้อยที่สุด นั่นคือ ทำให้ต้นทุน การวางงานต่ำสุด และทำให้สายการผลิตมีอัตราการผลิตสอดคล้องกำความต้องการ
2. ในสายการผลิตที่สมบูรณ์แบบ พนักงานทุกคนจะทำงานที่ได้รับมอบหมายของตนได้แล้วเสร็จในเวลาเดียวกัน (โดยการสมมติว่าเริ่มงานพร้อมกัน)
3. สถานีงานจะถูกจัดขึ้นมาเพื่อให้ผลผลิตที่ออกมาจากสถานีหนึ่งเป็นตัวป้อนเข้าสถานีถัดไป (เชื่อมต่อสถานีต่อเนื่องกัน)
4. การออกแบบผังโรงงานจะเกี่ยวข้องกับการกำหนดงานย่อยหนึ่งหรือหลายงานที่จำเป็นต่อการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์หนึ่งหน่วยให้กับสถานีงาน
5. มีเงื่อนไขหลายประการที่เป็นอุปสรรคต่อการบรรลุสู่สมดุลสายการผลิตที่สมบูรณ์แบบ คือ
    1) เวลาของงานย่อย
    2) ความสัมพันธ์ก่อนหลังของงาน
    3) ลักษณะที่เป็นข้อจำกัดตามธรรมชาติของการจัดสมดุลแต่ละปัญหา
6. คำจำกัดความ ในการจัดสมดุลสายการผลิต ดังนี้
    1) ส่วนของงาน (Work Element) หมายถึง ส่วนย่อยของงานที่ไม่สามารถแบ่งแยกได้อีก
    2) งานทั้งหมด (Total Work Content) หมายถึง ผลรวมของงานส่วนย่อยทั้งหมด
    3) เวลาของสถานีงาน (Workstation Process Time) หมายถึง เวลาที่ใช้ในการประกอบในแต่ละสถานี
    4) รอบเวลา (Cycle Time) หมายถึง ช่วงเวลาระหว่างงานออกจากสายการผลิต
    5) งานที่อยู่ก่อนหน้า (Precedence Constraint) หมายถึง งานที่จำเป็นต้องทำก่อนหน้างานนั้นๆ

6) ผังแสดงลำดับขั้นตอน (Precedence Diagram) เป็นแผนผังที่แสดงขั้นตอนการประกอบ

7) การสูญเสียความสมดุล (Balance Delay) เป็นเครื่องชี้ประสิทธิภาพของสายงานประกอบ

2.3.2 ปัญหาคอขวดที่มีผลกระทบต่อระบบกำลังการผลิต

Finch, B.J., 2006 ได้กล่าวไว้ว่า ภาพรวมของกระบวนการผลิตของระบบจะพิจารณาจากทรัพยากรที่ถูกผลิต ถ้าขาดแคลนทรัพยากรจะส่งผลต่อกำลังการผลิตในหลายๆ ระบบผลิต โดยกำลังการผลิตจะถูกกำหนดจากผลผลิตที่ผลิตออกมาของสถานีที่ผลิตช้าที่สุดในสายการผลิต ซึ่งสถานีนี้จะเรียกว่า จุดคอขวด (Bottlenecks) เพราะสถานีการปฏิบัติงาน ณ จุดถัดไปที่ต้องรอหรือหยุดชะงัก ดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 แสดงสถานีที่เป็นจุดคอขวด (Bottleneck)

จากรูปที่ 2.5 จะเห็นว่าสถานีที่ 3 เป็นจุดคอขวดจากทั้ง 5 สถานี ซึ่งใช้รอบเวลาในการผลิตนานที่สุดคือ 5 นาทีต่อหน่วยและมีกำลังการผลิตเป็น 12 หน่วยต่อชั่วโมง ผลจากสถานีจุดคอขวดทำให้ระบบไม่สามารถควบคุมการใช้ทรัพยากรให้เกิดประโยชน์ (Utilization) สูงสุดได้ ตัวอย่างในสถานีที่ 4 รอบเวลาในการผลิต 4 นาทีต่อหน่วย กำลังการผลิต 15 หน่วยต่อชั่วโมง ซึ่งน้อยกว่าสถานีที่ 3 เป็นเวลา 1 นาที ทำให้เกิดการรองานและการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรเพียง 80 % ซึ่งมีจากข้อเท็จจริงที่ปรับปรุงปัญหาเกี่ยวกับจุดคอขวด ดังนี้

ข้อเท็จจริงข้อที่ 1 ถ้ามีการเพิ่มสายการประกอบย่อย (Sub Assembly) ก่อนหน้าสถานีที่ 3 จะส่งผลให้รอบเวลาที่ใช้ในการผลิตของสถานีที่ 3 ลดลง แต่ถ้ามีการผลิตสถานีที่ 1 มีรอบเวลา

ในการผลิต 3 นาทีต่อหน่วยซึ่งเร็วกว่าสถานีที่ 3 แต่ในสถานีที่ 2 ยังคงต้องรองานจากสถานีที่ 1 อยู่ดี การใช้ประโยชน์ของทรัพยากรในสถานีที่ 2 ก็ยังไม่ดีเหมือนเดิม

ข้อเท็จจริงข้อที่ 2 ถ้าสายการผลิตได้รับการปรับปรุงตำแหน่งจุดคอขวดเพื่อลดเวลาการสูญเสีย ให้การใช้ประโยชน์ทรัพยากรได้สูงสุดคือ 100 % ของเวลาการผลิตสินค้าออกจากระบบ คือต้องไม่มีจุดคอขวดในกระบวนการผลิตที่รบกวนเวลาผลิตเพราะการเกิดความเสียหายหรือจากสาเหตุอื่นๆ เป็นผลให้สายการผลิตต้องหยุดชะงัก ทางเลือกหนึ่งของการเพิ่มกำลังการผลิตในระบบ คือ ให้แต่ละสถานีมีการเชื่อมโยงหรือทำงานต่อเนื่องอย่างเป็นระบบสอดคล้องกัน เพื่อให้มีรอบเวลาในการผลิตใกล้เคียงกันไม่ควรมีสถานีหนึ่งที่มีการผลิตช้ากว่าสถานีอื่นอย่าโดดเด่น

ข้อเท็จจริงข้อที่ 3 ระบบของจุดคอขวด ถ้ามีการเพิ่มกำลังการผลิต โดยไม่ให้เกิดปัญหาจุดคอขวดไม่ได้เป็นการช่วยให้ระบบทำงานได้ดีขึ้น เช่นถ้ามีการเพิ่มกำลังการผลิตของสถานี 4 จากกำลังการผลิตจาก 15 หน่วยต่อชั่วโมงเป็น 30 หน่วยต่อชั่วโมง ถึงยังไงสถานี 4 ก็ต้องรองานจากสถานี 5 ซึ่งเป็นเพียงการเพิ่มกำลังการผลิตแต่ไม่ได้ปรับปรุงระบบการผลิตทั้งระบบ

จากข้อเท็จจริงที่กล่าวมาไม่ว่าจะเป็นการเพิ่มสายการประกอบ (Sub Assembly) และการเพิ่มกำลังการผลิตของสถานีใดสถานีหนึ่ง ก็ยังไม่เป็นการลดปัญหาคอขวดได้ ดังนั้นสิ่งที่ช่วยลดการเกิดปัญหาคอขวดคือการจัดสมดุลการผลิต (Line Balanced)

2.3.3 **การจัดสมดุลสายการผลิต** (Line Balancing)

Reid, R.D and Sanders, N.R., 2002 ได้ให้ความหมายของคำว่า การจัดสมดุลสายการผลิต คือ การลดเวลาว่างงานของคนในสถานีทำงานของสายการผลิต โดยพยายามทำให้เวลาที่ใช้ในการผลิตของแต่ละสถานีเท่ากัน หรือเกิดความสมดุลให้มากที่สุด ซึ่งขั้นตอนในการจัดสมดุลสายการผลิต มีขั้นตอนดังนี้

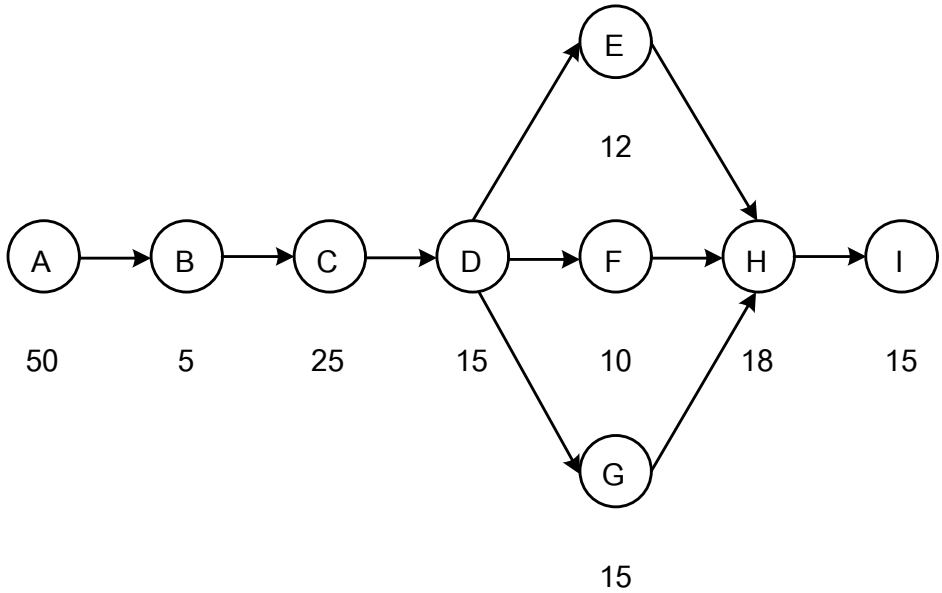
ขั้นตอนที่ 1 : **การกำหนดงานและการลำดับงานก่อนหลัง** (Identifing Tasks and Their Immediate Predecessors)

การกำหนดงานและลำดับงานก่อนหลัง โดยการพิจารณางานย่อย จัดเรียงลำดับงานก่อนหลัง แบ่งแยกงานใหญ่ออกเป็นแยกงานย่อย และจับเวลาในแต่ละงานย่อย ดังแสดงในตารางที่ 2.1 ตัวอย่างการกำหนดงานและลำดับงานก่อนหลังของร้าน Vicki's Pizzeria

ตารางที่ 2.1 ตัวอย่างการกำหนดงานและลำดับงานก่อนหลังของร้าน Vicki's Pizzeria

งานย่อย (Work Element)	ลักษณะงาน (Task Description)	ลำดับงานก่อนหลัง (Immediate Predecessor)	เวลางาน (Task Time) (วินาที)
A	ม้วนแป้งสาลี	None	50
B	ทำแป้งเป็นแผ่นบาง	A	5
C	ใส่เครื่องปรุงรส	B	25
D	โรยชีส	C	15
E	โรยพริกไทย	D	12
F	ใส่ไส้กรอก	D	10
G	ใส่เห็ด	D	15
H	ห่อแป้ง	E,F,G	18
I	บรรจุใส่กล่อง	H	15
รวม (Total task time)			165

จากนั้น นำมากำหนดความสัมพันธ์ก่อนหลังของงานย่อยแต่ละงานว่างานใดควรทำก่อน งานใดควรทำที่หลัง โดยนิยมเขียนเป็นโครงข่ายแสดงความสัมพันธ์ลำดับก่อนหลัง (Precedence Diagram) ของกิจกรรมงาน ดังตัวอย่างในรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 ความสัมพันธ์ลำดับก่อนหลังของกิจกรรมงาน

รูปที่ 2.6 สัญลักษณ์วงกลม ◯ และตัวอักษรแสดงชื่อกิจกรรมงาน หรืองานย่อย ตัวเลขใต้สัญลักษณ์วงกลมระบุระยะเวลาที่ใช้ของงานย่อยนั้น และสัญลักษณ์ลูกศรแสดงลำดับงานย่อยก่อนหลัง

ขั้นตอนที่ 2 : กำหนดอัตราการผลิตสินค้าที่ผลิตได้ (Determining Output Rate)

อัตราการผลิตสินค้าคำนวณได้ดังสมการที่ (2.7) โดยมีความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่มีเพื่อผลิตต่อเวลารวมที่ใช้ในสายการผลิต

$$\text{Production Rate} = \frac{\text{Available Time}}{\text{Total Task Time}} \qquad (2.7)$$

เมื่อ Production Rate = อัตราการผลิต (unit/day)

Available Time = เวลาที่มีเพื่อการผลิต (hour/day)

Total Task Time = เวลารวมที่ใช้ในการผลิตในสายการผลิต (hour/unit)

เวลาที่มีเพื่อการผลิต (Available Time) หมายถึง เวลาที่สามารถใช้เพื่อการผลิตจะกำหนดให้ 1 วัน มีระยะเวลาทำงานตั้งแต่ 8.00 ถึง 17.00 น. และให้มีเวลาพักเที่ยง 1 ชั่วโมง ฉะนั้นใน 1 วันจะมีเวลาเพื่อการผลิตเท่ากับ 8 ชั่วโมง

เวลารวมที่ใช้ในการผลิตในสายการผลิต (Total Task Time) หมายถึง ผลรวมของเวลาทำงานในทุกสถานีงานที่ใช้ในการผลิตจนเสร็จ 1 หน่วยงาน

ขั้นตอนที่ 3 : กำหนดรอบเวลาการผลิต (Determining Cycle Time)

การกำหนดรอบเวลาการผลิต หมายถึง การกำหนดเวลาการผลิตให้ได้ผลผลิตทุกๆ 1 หน่วยชิ้นงาน เช่น สายการผลิตสามารถผลิตสินค้าออกมาได้ทุกๆ 50 นาที แสดงว่าสายการผลิตมีรอบเวลาในการผลิตเท่ากับ 50 นาที โดยรอบเวลาการผลิตของสายการผลิตจะพิจารณาจากสถานีงานที่ใช้เวลาในการผลิตมากที่สุด นอกจากนี้รอบเวลาการผลิตจะมีค่าเป็นส่วนกลับกับอัตราการผลิต ดังแสดงในสมการ (2.8)

$$\text{Production Rate} = \frac{1}{\text{Cycle Time}} \qquad (2.8)$$

เมื่อ Production Rate = อัตราการผลิต (unit/day)

Cycle Time = เวลาที่มีเพื่อการผลิต (day/unit)

จากตัวอย่างตารางที่ 2.1 คำนวณรอบเวลาการผลิต ดังนี้

รอบเวลาการผลิต = เวลาที่มีเพื่อการผลิต / อัตราการผลิตที่ต้องการต่อหน่วย

= 3600 วินาทีต่อชั่วโมง /60 หน่วยต่อชั่วโมง

= 60 วินาทีต่อหน่วย

ดังนั้น อัตราการผลิตเป็นส่วนผกผันกับรอบเวลาการผลิต มีค่าเท่ากับ 0.016 หน่วยต่อวินาที

ขั้นตอนที่ 4 : คำนวณจำนวนสถานีการผลิตที่ต้องการน้อยสุด (Computing the Theoretical Minimum Number of Station)

การหาจำนวนสถานีงานที่ต้องการน้อยสุด (Theoretical Minimum Number of Station : TM)คำนวณได้จากความสัมพันธ์ระหว่างเวลารวมที่ใช้ในการผลิต 1 ชิ้นงานส่วนด้วยรอบเวลาการผลิตที่ต้องการ ดังสมการที่ (2.9)

$$TM = \frac{\text{Total Task Time}}{\text{Cycle Time}} \qquad (2.9)$$

เมื่อ TM = จำนวนสถานีการผลิตที่ต้องการน้อยที่สุด (สถานี)

Total Task Time = เวลารวมที่ใช้ในการผลิตในสายการผลิต (hour)

Cycle Time = เวลาที่มีเพื่อการผลิต (hour)

จากตัวอย่างสามารถคำนวณจำนวนสถานีงานที่น้อยที่สุด ดังนี้

จำนวนสถานีงานที่น้อยที่สุด = เวลารวมที่ใช้ในการผลิตในสายการผลิต / เวลาที่มีเพื่อการผลิต

= 165 วินาที / 60 วินาที

= 2.73 ≈ 3 สถานีงาน

ดังนั้น จำวนวสถานีที่น้อยที่สุด เท่ากับ 3 สถานีงาน

ขั้นตอนที่ 5 : **กำหนดกิจกรรมงานที่ต้องทำให้กับสถานีการผลิต** (Assigning Task to Workstations)

การจัดกิจกรรมงานให้กับแต่ละสถานีการผลิตนั้นจะเน้นให้ความสำคัญกับกิจกรรมงานที่ใช้เวลามากที่สุดไว้ก่อน จากนั้นจะเกลี่ยเวลาของกิจกรรมงานอื่นๆ รองลงไปให้มีระยะเวลาเฉลี่ยของทุกสถานีงานใกล้เคียงกันมากที่สุด

จากตัวอย่างข้างต้น รอบเวลาการผลิตมีค่าเท่ากับ 60 วินาที และสถานีงานที่น้อยที่สุดเท่ากับ 3 สถานีงาน ดังนั้นจึงจัดกิจกรรมงานให้กับสถานีงานใหม่ ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 กำหนดกิจกรรมงานให้กับสายการผลิต

สถานีงาน	งานที่ทำ	งานที่เลือก	เวลางาน	เวลาว่าง
1	A	A	50	10
2	B	B	5	55
	C	C	25	30
	D	D	15	15
	E,F,G	G	15	0
3	E,F	E	12	48
	F	F	10	38
	H	H	18	20
	I	I	15	5

ขั้นตอนที่ 6 : **คำนวณหาประสิทธิภาพ และเวลาว่างงาน** (Computing Efficiency and Balance Delay)

ภายหลังจากการจัดงานย่อยให้แก่สถานีงาน ลำดับต่อไป คือ คำนวณหาประสิทธิภาพของแต่ละสถานีงานและประสิทธิภาพสายการผลิต โดยประสิทธิภาพของสถานีงาน คือ สัดส่วนร้อยละระหว่างรอบเวลาการผลิตของสถานีใดๆ ส่วนด้วยรอบเวลาการผลิตของสายการผลิต สำหรับประสิทธิภาพสายการผลิต คือ สัดส่วนร้อยละระหว่างผลรวมของเวลาที่ใช้ของสถานีงานต่างๆ หารด้วยผลคูณระหว่างรอบเวลาการผลิตและจำนวนสถานีงานของสายการผลิต ดังได้แสดงในสมการที่ 2.10 และ 2.11 ตามลำดับ และร้อยละของเวลาว่างของสถานีใดๆ และของสายการผลิต แสดงได้ดังสมการที่ 2.12 และ 2.13 ตามลำดับ

ประสิทธิภาพของแต่ละสถานีงาน (%) $= \frac{CT_i}{CT_p} \times 100$ (2.10)

ประสิทธิภาพของสายการผลิต (%) $= \frac{\sum_{i=1}^{9} CT_i}{CT_p \times N_S} \times 100$ (2.11)

เวลาว่างของสถานีงานที่ i (%) = 100 − ประสิทธิภาพของสถานีงานที่ i (2.12)

เวลาว่างของสายการผลิต (%) = 100 − ประสิทธิภาพของแต่ละสถานีงาน (2.13)

เมื่อ CT_p = รอบเวลาการผลิตของกระบวนการผลิต (นาที/โต๊ะงาน)

CT_i = รอบเวลาการผลิตของสถานีที่ i (นาที/โต๊ะงาน)

$\sum_{i=1}^{9} CT_i$ = ผลรวมของรอบเวลาการผลิตของสถานีที่ 1 ถึง 9 (นาที)

N_S = จำนวนสถานีงาน (สถานีงาน)

i = สถานีที่ i (i = 1,2,…,9)

2.3 การวิเคราะห์ความถดถอยและสหสัมพันธ์

เมื่อทำการตรวจสอบคุณภาพของข้อมูลว่าสามารถนำมาวิเคราะห์ได้ หลังจากนั้นก็ทำการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของตัวแปรว่ามีความสัมพันธ์กันมากน้อยเพียงใด ด้วยการวิเคราะห์ความถดถอยและสหสัมพันธ์ ซึ่งการวิเคราะห์ความถดถอยตัวแปรอิสระ X เป็นตัวควบคุมหรือถูกกำหนดค่าล่วงหน้า ในขณะที่ตัวแปรตาม Y เป็นตัวแปรสุ่มและวัดค่าความคลาดเคลื่อนจากการประมาณนั้น ส่วนการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ทั้ง X และ Y เป็นตัวแปรสุ่ม จึงไม่จำเป็นต้องระบุว่าตัวใดเป็นตัวแปรอิสระและตัวใดเป็นตัวแปรตามและเป็นการวัดความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรว่ามีความสัมพันธ์กันมากน้อยเพียงไร การวิเคราะห์ความถดถอยและสหสัมพันธ์มีขั้นตอน ดังนี้

1. พิจารณาถึงตัวแปรอิสระ X ที่คาดว่าจมีความสัมพันธ์กับตัวแปรตาม Y มากที่สุด

2. วิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย (Simple Linear Regression Analysis)

นำเอาข้อมูลของตัวแปร Y และ X มาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ ซึ่งจะเรียกกราฟนี้ว่าแผนภาพการกระจาย (Scatter Diagram) และใช้เส้นสมการนี้ประเมินค่าตัวแปรตาม สมการความสัมพันธ์ในรูปเชิงเส้นระหว่าง X และ Y ที่เส้นตรง คือ

$$Y_1 = \alpha + \beta x_1 + \varepsilon_1 \quad (2.14)$$

$\beta > 0$ เมื่อ X แล Y มีความสัมพันธ์ไป ในทางเดียวกัน

$\beta < 0$ เมื่อ X และ Y มีความสัมพันธ์ไปในทางตรงกันข้าม

$\beta = 0$ เมื่อการเปลี่ยนแปลงของ Y ไม่ขึ้นกับการเปลี่ยนแปลงของ X

ε_1 = ความคลาดเคลื่อนสุ่มซึ่งเป็นอิสระกับ X และ Y

โดยที่ α เป็นค่า Y- intercept คือค่าเส้นตรงตัดแกน Y หรือค่า Y เมื่อ X=0 นั้นเอง β เป็นความชัน (Slope) ของเส้นตรง คือค่าที่แสดงให้ทราบว่าเมื่อ X มีความเปลี่ยนไป 1 หน่วย Y จะเปลี่ยนไปโดยเฉลี่ยเท่าไร เรียกค่านี้ว่า สัมประสิทธิ์การถดถอย (Regression Coefficient)

3. คำนวณสัมประสิทธิสหสัมพันธ์

สหพันธ์เป็นการดูว่า X และ Y มีความสัมพันธ์กันมากน้อยเพียงไร ค่าที่ใช้วัดความสัมพันธ์ระหว่าง X และ Y นี้ เรียกว่า สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ใช้สัญลักษณ์คือ ρ ในการคำนวณหาค่า ρ จะต้องทราบข้อมูลทั้งหมดในประชากรซึ่งในทางปฏิบัติแล้วไม่มีทางทราบค่าเหล่านี้ได้ จึงต้องสุ่มตัวอย่างมา n ตัว จะได้ค่า X และ Y เป็นคู่ ทั้งหมด n คู่ แล้วประมาณหาค่า ρ ด้วยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) จากสูตร

$$r_{xy} = \frac{\sum xy - n\bar{x}\bar{y}}{\sqrt{\left(\sum x^2 - n\bar{x}^2\right)\left(\sum y^2 - n\bar{y}^2\right)}} \quad (2.15)$$

การทดสอบนัยสำคัญของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

หลังจากคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แล้วและต้องหาต่อว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์นั้นมีจริงหรือไม่ หรือมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหรือไม่ ด้วยการทดสอบนัยสำคัญ ระดับนัยสำคัญที่ต้องการทดสอบสมมุติฐานในงานวิจัยนี้กำหนดไว้ที่ 0.05 และช่วงความเชื่อมั่น 95 % โดยมีสมมติฐานสำหรับการทดสอบ คือ

H_0 : ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ = 0

H_1 : ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ $\neq$ 0

ในการทดสอบโดยใช้ t – test กรณีที่ขนาดตัวอย่าง (n) น้อยกว่า 30

$$t = r_{xy} \frac{\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r_{xy}^2}} \qquad (2.16)$$

เมื่อ องศาอิสระ (degrees of freedom : d.f.) = n-2

r_{xy} = สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

n = จำนวนค่าสังเกต

ในการเปรียบเทียบค่า t จากสูตรกับค่าวิกฤติของ t ถ้าค่า t จากการคำนวณซึ่งมีค่าเป็นบวก มีค่ามากกว่าค่าวิกฤติ t หรือค่า t จากการคำนวณซึ่งมีค่าลบ มีค่าน้อยกว่าค่าวิกฤติของ t แสดงว่ามีความสัมพันธ์ระหว่าง 2 ตัวแปรจริง แต่ถ้าค่าสถิติ t จากการคำนวณมีค่าเป็นบวกน้อยกว่าค่าวิกฤติของ t หรือมีค่าเป็นลบ ซึ่งมีค่ามากกว่าค่าวิกฤติของ t แสดงว่าไม่มีความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทั้งสอง ดังนั้น การปฏิเสธ H_0 หรือ ยอมรับ H_1 นั้นคือ ตัวแปรX และ Y มีความสัมพันธ์ในรูปเชิงเส้น

4. การทดสอบสัมประสิทธิความถดถอยโดยใช้การวิเคราห์ความแปรปรวน

เป็นการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างค่า X และ Y ว่าอยู่ในรูปแบบสมการความสัมพันธ์รูปเส้นตรง นั้นคือจะพิจารณาว่าการที่ค่าของ Y มีค่าไม่คงที่ เนื่องจาก Y มีความสัมพันธ์กับ X เมื่อค่าของ X เปลี่ยนไปจะมีผลทำให้ค่าของ Y เปลี่ยนไปด้วยและค่าของ Y เปลี่ยนแปลงเนื่องจากอิทธิพลของปัจจัยอื่นๆ นอกจาก X ระดับนัยสำคัญที่ต้องการทดสอบสมมุติฐานในงานวิจัยนี้กำหนดไว้ที่ 0.05 และช่วงความเชื่อมั่น 95 % โดยมีสมมติฐานสำหรับการทดสอบ คือ

H_0 : สัมประสิทธิความถดถอย = 0

H_1 : สัมประสิทธิความถดถอย $\neq$ 0

ซึ่งผลสรุปของการทดสอบ คือ

1) ปฏิเสธสมมติฐาน H_0 แสดงว่า X และ Y มีความสัมพันธ์กันในรูปเชิงเส้น คือ $Y_1 = \alpha + \beta x_1 + \varepsilon_1$

2) ยอมรับสมมติฐาน H_0 แสดงว่า X และ Y ไม่ได้มีความสัมพันธ์กันในรูปเชิงเส้น คือ $Y_1 = \alpha + \beta x_1 + \varepsilon_1$

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Bailey, B.D. and Liu, P.C.H. (1998) ศึกษาการปรับปรุงอัตราผลิตภาพของสายประกอบที่ใช้แรงงานคน ด้วยวิธีการจัดสมดุลของการปฏิบัติงานและภาระงาน การจัดการไหลของงานใหม่ และวางแผนผังแบบ U-Shaped ซึ่งจุดสำคัญการของปรับปรุงคือ การดำเนินงานให้เป็นมาตรฐาน ด้วยการผลิตตามอัตราความต้องการของลูกค้า หรือ Takt time ที่หมายถึงเวลาที่ใช้ในการผลิตสินค้าจำนวน 1 ชิ้น คำนวณโดยการหารจำนวนเวลาที่สามารถผลิตใน 1 วัน ด้วยจำนวนสินค้าที่ต้องผลิตในวันนั้น ดังนั้นเวลาที่คนงานใช้ในการผลิตให้เสร็จตามกระบวนการควรน้อยกว่าหรือเท่ากับ Takt time เพื่อให้มั่นใจว่าคนงานกำลังทำงานให้ได้จำนวนสินค้าตามความต้องการของลูกค้าเสมอ

Ballard, G. (2001) ได้เพิ่มการไหลในงาน ด้วยการลดรอบเวลาการผลิตและลดเวลาการส่งมอบ ซึ่งวิธีการลดรอบเวลาการผลิต คือ ลดการซ้ำซ้อนของงาน ลดกิจกรรมที่ไม่จำเป็น และลดสิ้นค้าระหว่างกระบวนการด้วยการพัฒนาความสามารถของพนักงาน ผลที่ได้คือ รอบเวลาในการผลิตลดลง 23 %

Ozgurler, M., Guneri, F. Ali, Gulsun, B. (2003) ได้ศึกษาการจัดสมดุลสายการผลิต สาเหตุเกิดจากภาระงานในแต่ละสถานีไม่เท่ากันส่งผลให้เวลาในการผลิตไม่เท่ากัน และเกิดเวลาสูญเปล่า โดยการประยุกต์ใช้วิธีการศึกษาเวลา (Time study method) เพื่อประเมินกำลังการผลิตสถานีงานที่เป็นคอขวด สินค้าคงคลัง เวลารวมของระบบ และการวางผังโรงงานใหม่ โดยสิ่งที่ต้องปรับปรุงของการจัดสมดุลสายการผลิตคือ ลดเวลาสูญเปล่า กระจายภาระงานไปยังสถานีงานต่างๆ ลดเวลาสถานีคอขวดและออกแบบการทำงานใหม่ให้เหมาะสม

Saraph, P.V. (2003) วิเคราะห์กำลังการผลิตในปัจจุบัน เพื่อรองรับความต้องการในอนาคตที่เพิ่มขึ้น เงื่อนไขคือการใช้ทรัพยากรร่วมกันกับสินค้าปัจจุบันในหลายๆพื้นที่ และพิจารณากำลังการผลิต ณ ปัจจุบันเพียงพอต่อความต้องการหรือต้องขยายสถานีผลิต โดยใช้วิธีการสร้างแบบจำลองเหตุการณ์แบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete-Event-Simulation) เพื่อวิเคราะห์ปริมาณงานที่ทำได้ ปัจจัยผันแปรต่างๆ พบว่าทรัพยากรที่มีอยู่สามารถใช้รวมกับสินค้าที่ออกใหม่ได้

สุรภาส ลือสุขประเสริฐ (2543) ได้ศึกษาการเพิ่มอัตราการผลิตสินค้า โดยอาศัยเทคนิคการศึกษาการทำงานและการปรับปรุงวิธีการทำงาน นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์เปรียบเทียบเวลามาตรฐานกับเวลาการทำงานจริง พบว่าสาเหตุเกิดจากเวลาสูญเปล่า สินค้าคงค้าง ความไม่สมดุลระหว่างปริมาณงานกับจำนวนพนักงาน ส่งผลให้เกิดปัญหาคอขวด แนวทางการปรับปรุงใช้หลัก

ศึกษาการทำงานและจัดสมดุลในสายการผลิต ผลที่ได้คือ เวลาในการทำงานโดยรวมลดลง 35.24 นาที คิดเป็นร้อยละ 25.05 และลดค่าแรงของพนักงานได้ 327.81 บาท คิดเป็นร้อยละ 16.13

สมโภชน์ กูลศิริศรีตระกูล (2543) ได้เพิ่มผลผลิตและกำลังการผลิต โดยลดเวลาในการทำงานและลดต้นทุนในการผลิต และอาศัยหลักการศึกษาเวลาการทำงานเพื่อหาเวลาเวลามาตรฐาน ซึ่งปัญหาเกิดจากทำงานซ้ำซ้อน ทำงานที่ก่อไม่เกิดคุณค่า และอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำงานไม่เหมาะสมทำให้เสียเวลาและค่าใช้จ่าย แนวทางในการแก้ไขคือ ปรับปรุงเทคนิคการทำงาน ปรับปรุงวิธีการขนถ่ายวัสดุ ออกแบบ และจัดทำเครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ ให้สะดวกต่อการใช้งาน ทำให้เวลามาตรฐานในการทำงานลดลง แล้วจึงจัดสมดุลของสายการประกอบใหม่ ผลที่ได้คือ เวลามาตรฐานในการทำงานลดลง เวลาที่ใช้ในกรขนถ่ายลดลง และสามารถจัดสมดุลของสายการประกอบให้มีความใกล้เคียงกันมากขึ้น จึงมีผลให้สามารถเพิ่มผลผลิตได้ร้อยละ 22.7 เวลาในการทำงานลดลงร้อยละ 18.7 และต้นทุนในการผลิตลดลงร้อยละ 1.68

อนุชิต พิชญธาดา (2543) ปรับปรุงการวางแผนความต้องการกำลังการผลิตให้เหมาะสม ด้วยการวัดกำลังการผลิต พบว่ากำลังการผลิตในบางกระบวนการน้อยกว่าเป้าหมายการผลิตของโรงงานที่ตั้งไว้ แนวทางการปรับปรุงเน้นที่สถานีคอขวดด้วยการลดเวลาในการทำงานและปรับปรุงภาระงานให้เหมาะสม โดยพิจารณาตั้งแต่การรับงานและความเป็นไปได้ของวันส่งมอบ คำนวณกำลังการผลิตที่ใช้ในแต่ละกระบวนการผลิตตามข้อมูลเส้นทางการผลิต วันส่งมอบ และปริมาณการผลิตเพื่อหากำลังการผลิตที่ต้องการ ผลที่ได้คือ สามารถส่งมอบได้ตรงเวลาจาก 72 % เป็น 96 % และใช้ประโยชน์จากทรัพยากรเพิ่มขึ้น 76 % เป็น 90 % อีกทั้งส่งผลให้ต้นทุนค่าแรงต่อตารางฟุตลดลง 27 % แต่ยังต้องมีการทำงานล่วงเวลา 12 % ของกำลังการผลิต ถ้าไม่ต้องการให้มีการทำงานล่วงเวลากำลังการผลิตที่เหมาะสมสำหรับการผลิตในอนาคตคือ 80,000 ตารางฟุตต่อสัปดาห์ โดยจะต้องใช้เงินทุนเพิ่ม US$ 472,000 และจะคุ้มทุนใน 2 ปี 3 เดือน

เสน่ห์ บุญรำไพ (2544) ได้วางแผนกำลังการผลิตและเพิ่มประสิทธิภาพของสายการผลิต โดยอาศัยการศึกษาเวลาการทำงานเพื่อหากำลังการผลิตปัจจุบัน ด้วยการหาเวลามาตรฐานและจับเวลาการแปรรูปชิ้นงาน และนำผลการทดลองที่เหมาะสมของความเร็วตัดและต้นทุนการผลิตต่ำสุดมาเป็นสภาวะในการทดลองใหม่ ทำการจับเวลาการทำงานสภาวะใหม่อีกครั้งและจัดกลุ่มงานในหลายๆแนวทางเพื่อวิเคราะห์กลุ่มงานที่เหมาะสมที่ให้เวลาการทำงานน้อยที่สุด ผลที่ได้ คือ เวลาการทำงานของคนลดลงร้อยละ 28.3 และเวลาการทำงานของเครื่องจักรลดลงร้อยละ 41

ธิดารัตน์ กังวาน (2545) ศึกษาวิธีการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิต ด้วยการมุ่งเน้นในเรื่องของการลดเวลาสูญเปล่าในกระบวนการ โดยนำหลักการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตมาเป็นแนวคิดในการปฏิบัติพร้อมทั้งอาศัยวิธีการศึกษาเวลาและการเคลื่อนที่มาประยุกต์ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้แผนภูมิทวีคูณทำให้ทราบว่าเวลาในการผสมนาน จากการเสียเวลาใน 3 ขั้นตอนคือ

ขั้นตอนที่ 1 รอส่วนผสมจากหม้อผสมย่อย ปรับปรุงสภาวะการทำงานใหม่โดยทำการออกแบบการทดลอง วิธี 2^k แฟคทอเรียล เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการทำงาน

ขั้นตอนที่ 2 รอผลการตรวจสอบคุณภาพน้ำยา ปัญหาเกิดจากการตรวจสอบคุณภาพความหนืดของน้ำยาต้องรอที่อุณหภูมิ 30° C ปรับปรุงโดยการวิเคราะห์สหสัมพันธ์และความถดถอย เพื่อใช้ในการทำนายค่าคุณภาพความหนืดของน้ำยาที่อุณหภูมิต่างๆ เทียบกับค่าความหนืดที่อุณหภูมิ 30 องศา เป็นการลดการรอตรวจสอบคุณภาพน้ำยาที่อุณหภูมิ 30 องศา

ขั้นตอนที่ 3 การรอถ่ายน้ำยาเข้าสู่ถังเก็บ ปัญหาคือความเร็วของมอเตอร์ต่ำและถังเก็บน้ำยามีน้อย ซึ่งต้องมีการลงทุนเพิ่มต้องพิจารณาต่อไป ผลที่ได้จากการปรับปรุงคือ เวลาที่ใช้ในการผสมครีมนวดรวมลดลงประมาณร้อยละ 17

ศุภชัย ชินประดิษฐสุข (2545) เพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิต โดยลดเวลาการปรับตั้งเครื่องจักรลง ใช้เทคนิคด้านการบริหารจัดการ การออกแบบเครื่องมือเพื่อช่วยลดเวลาการทำงาน ซึ่งจะเน้นการลดเวลาการปรับตั้งเครื่องจักร เริ่มจากการศึกษาเวลาในขั้นตอนทำงานปรับตั้งเครื่อง วิเคราะห์ปัญหา พบปัญหาการขึ้น-ลงแม่พิมพ์และปัญหาการปรับแต่งยังขาดประสิทธิภาพทำให้ใช้เวลาในการปฏิบัติงานนานจนเกินไป อีกทั้งยังใช้ทรัพยากรบุคคลสิ้นเปลือง แนวทางการแก้ไขปรับปรุง โดยการประยุกต์ใช้เทคนิคการศึกษางานและหลักการออกแบบเครื่องมือ ผลที่ได้ทำให้เวลาในการปรับตั้งเครื่องจักลดลงร้อยละ 59.42

อุดมรัศม์ หลายซูไทย (2545) จัดทำระบบการจัดลำดับงานผลิตให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและลดอัตราการผลิตงานให้เสร็จไม่ทันกำหนดส่งมอบสินค้า พบว่าทางโรงงานไม่มีการศึกษากำลังการผลิตที่แท้จริงของโรงงาน ทางโรงงานไม่มีหน่วยงานวางแผนการผลิตและผู้รับผิดชอบโดยตรง การจัดการวัตถุดิบขาดประสิทธิภาพ และพนักงานทำงานล่วงเวลามาก เนื่องจากผลิตสินค้าไม่ทันส่งมอบ ปรับปรุงโดยการประยุกต์ใช้เทคนิคการศึกษาวิธีทำงาน กำหนดเวลามาตรฐานและกำลังการผลิตของเครื่องจักร จากนั้นประยุกต์ใช้เทคนิคการวางแผนและควบคุมการผลิตและจัดทำโปรแกรมระบบการจัดตารางการผลิตเพื่อลดการส่งมอบสินค้าไม่

ทันเวลา ผลคือ การจัดตารางการผลิตมีค่าสูงขึ้น สามารถลดอัตราการทำงานล่วงเวลาลงจากเดิมคิดเป็น 50.69 % และลดอัตราการผลิตเสร็จไม่ทันกำหนดส่งจากเดิม 74.36 % เป็น 55.18 %

นิพนธ์ สวัสดิ์ธนกิจ (2549) เพิ่มผลผลิต ด้วยการศึกษาเวลาการทำงาน พบว่าข้อจำกัดของสายการประกอบ คือรอบเวลาการผลิตในแต่ละจิ๊กประกอบไม่เท่ากันในแต่ละสถานี พื้นที่ในทำงาน เครื่องมือและอุปกรณ์ยังไม่เหมาะสมในการทำงาน แนวทางการปรับปรุงแบ่งได้ 6 วิธีคือ 1) การลดรอบเวลาในการผลิตทำได้โดยการแบ่งงานในจิ๊กประกอบออกเป็นงานย่อย แล้วทำการแบ่งงานย่อยบางส่วนไปทำงานในจุดงานถัดไป 2) การปรับปรุงวิธีการทำงาน คือกำหนดมาตรฐานการทำงานใหม่ให้เหมาะสมกับคุณภาพงาน จับเวลาการปรับปรุงงานใหม่แล้วจึง 3) จัดสมดุลการผลิตใช้วิธีของ Kilbridge & Wester ทำให้ต้องมี 4) การปรับปรุงผังกระบวนการประกอบใหม่ เพื่อทำการเพิ่มสถานีงานให้เหมาะสมกับงาน ส่งผลให้มี 5)การเพิ่มเครื่องมือและอุปกรณ์ 6)ปรับปรุงการขนถ่ายชิ้นงาน คือออกแบบพาเลทใหม่ให้ทำงานได้สะดวก และทำการวิเคราะห์ต้นทุนในการปรับปรุงกระบวนการผลิต ผลที่ได้คือ สามารถลดเวลาในการทำงานลงร้อยละ 11.29 กำลังการผลิตสูงสุดเพิ่มขึ้นร้อยละ 100 อัตราผลิตภาพแรงงานเพิ่มขึ้นร้อยละ 24.03 ผลิตภาพค่าพลังงานเพิ่มขึ้นร้อยละ 54.68 และต้นทุนการผลิตลดลงร้อยละ 24.24

บทที่ 3

สภาพทั่วไปและปัญหาของโรงงานตัวอย่าง

เนื้อหาในบทนี้จะกล่าวถึง ข้อมูลทั่วไปของโรงงานตัวอย่าง ผลิตภัณฑ์ กระบวนการผลิตทั้ง 9 สถานีงาน และบางสถานีงานยังแบ่งพื้นที่การทำงานออกเป็นสถานีงานย่อย (หรือเรียกว่า Bay) และในแต่ละสถานีงานย่อย (Bay) ยังแบ่งพื้นที่การทำงานออกเป็นหน่วยงานย่อย (หรือเรียกว่า U) และการเคลื่อนย้ายโต๊ะงานระหว่างสถานีงานจำแนกได้เป็น 2 ระบบ คือ (1) ในระบบรางเลื่อน และ (2) นอกระบบรางเลื่อน ซึ่งข้อมูลที่กล่าวมานี้นำไปใช้ในการคำนวณรอบเวลาในการผลิตและกำลังการผลิตของโรงงาน โดยจะกล่าวถึงวิธีการคำนวณในบทถัดไป โดยแบ่งหัวข้อรายละเอียดเป็นดังนี้

3.1 ข้อมูลทั่วไปของโรงงาน

3.2 ผลิตภัณฑ์ของโรงงาน

3.3 กระบวนการผลิต

- 3.3.1 รายละเอียดขั้นตอนการผลิตของกระบวนการผลิต
- 3.3.2 การแบ่งพื้นที่ทำงานในสถานีงาน
- 3.3.3 การเคลื่อนย้ายโต๊ะงานและสัญลักษณ์เวลาของกระบวนการผลิต

3.4 สภาพปัญหาที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน

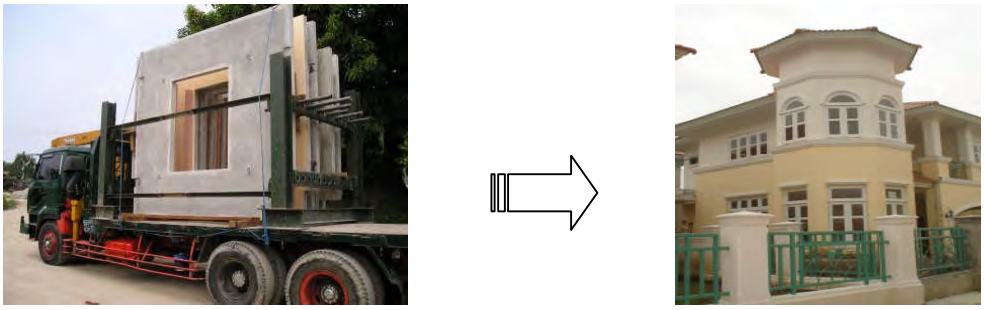
3.1 ข้อมูลทั่วไปของโรงงาน

โรงงานตัวอย่างที่ทำการศึกษาดำเนินการผลิตในปี 2548 คือ โรงงานผลิตชิ้นส่วนคอนกรีตเสริมเหล็กสำเร็จรูป (Precast Concrete Factory) และได้นำเทคโนโลยีระบบการก่อสร้างบ้านสำเร็จรูป (Prefabrication System) คือ การก่อสร้างแบบผนังสำเร็จรูปรับน้ำหนัก (RC Load Bearing Wall Prefabrication) ที่ทันสมัยที่สุดจากเยอรมันมาใช้ โดยได้ทำการผลิตชิ้นส่วนคอนกรีตเสริมเหล็กสำเร็จรูปแต่ละชิ้นส่วนของแบบบ้าน เพื่อนำไปประกอบเป็นบ้านทาวน์เฮาส์และบ้านเดี่ยว ยังโครงการก่อสร้าง ซึ่งเน้นการพัฒนาโครงการทำเลศักยภาพในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล และเป็นหนึ่งในผู้ประกอบธุรกิจพัฒนาอสังหาริมทรัพย์เพียงไม่กี่รายที่มีการบริหารจัดการงานก่อสร้างด้วยตัวเอง ซึ่งแตกต่างจากผู้ประกอบการธุรกิจพัฒนาอสังหาริมทรัพย์รายอื่นที่จะจ้างผู้รับเหมาเพื่อดำเนินงานก่อสร้างที่อยู่อาศัยทั้งโครงการ

โดยในส่วนที่เข้าไปศึกษานั้นเป็นส่วนกระบวนการผลิต ซึ่งมีหน้าที่ผลิตชิ้นส่วนคอนกรีตเสริมเหล็กสำเร็จรูปในแต่ละชิ้นส่วนของแบบบ้าน เพื่อส่งไปติดตั้งยังโครงการก่อสร้าง ทั้งนี้ บริษัทมีนโยบายเพิ่มกำลังการผลิต เนื่องจากความต้องการตลาดมีมากขึ้นเรื่อยๆ

3.2 ผลิตภัณฑ์ของโรงงาน

ผลิตภัณฑ์ของโรงงาน ได้แก่ ชิ้นส่วนคอนกรีตเสริมเหล็กสำเร็จรูป ซึ่งโรงงานตัวอย่างจะผลิตแต่ละชิ้นส่วนบ้านสำเร็จรูปคอนกรีตเสริมเหล็ก เพื่อนำไปประกอบเป็นบ้านทาวน์เฮาส์ 2 ชั้น และบ้านเดี่ยว 2 ชั้น ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ชิ้นส่วนคอนกรีตเสริมเหล็กสำเร็จรูป

ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการผลิตสามารถจำแนกออกได้เป็นแบบบ้าน 3 ประเภทหลัก โดยแบ่งตามความซับซ้อนในการผลิต และในแต่ละประเภทหลักของแบบบ้าน ยังสามารถแบ่งแบบบ้านออกเป็นหลายชนิดด้วยกัน ได้แก่

ประเภทที่ 1 แบบบ้านซับซ้อนมาก โดยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตออกมาเป็นแผ่นคอนกรีตเสริมเหล็กสำเร็จรูปมีขนาดใหญ่ และใช้จำนวนชิ้นส่วนอุปกรณ์ในการประกอบบ้านมาก ดังนั้น ชนิดของแบบบ้านที่ผลิตเป็นประเภทบ้านเดี่ยวหลังใหญ่ เน้นตลาดสำหรับผู้มีรายได้ปานกลางถึงสูง เช่น แบบบ้านชนิด A, B และ C เป็นต้น

ประเภทที่ 2 แบบบ้านซับซ้อนปานกลาง โดยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตออกมาเป็นแผ่นคอนกรีตเสริมเหล็กสำเร็จรูปมีขนาดปานกลาง และใช้จำนวนชิ้นส่วนอุปกรณ์ในการประกอบบ้านไม่มาก ดังนั้น ชนิดของแบบบ้านที่ผลิตเป็นประเภทบ้านทาวเฮาส์ เน้นตลาดสำหรับผู้มีรายได้น้อยถึงปานกลาง เช่น แบบบ้านชนิด E และ F เป็นต้น

ประเภทที่ 3 แบบบ้านซับซ้อนน้อย โดยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตออกมาเป็นแผ่นคอนกรีตเสริมเหล็กสำเร็จรูปมีขนาดเล็ก และใช้จำนวนชิ้นส่วนอุปกรณ์ในการประกอบบ้านไม่มาก ดังนั้น ชนิด

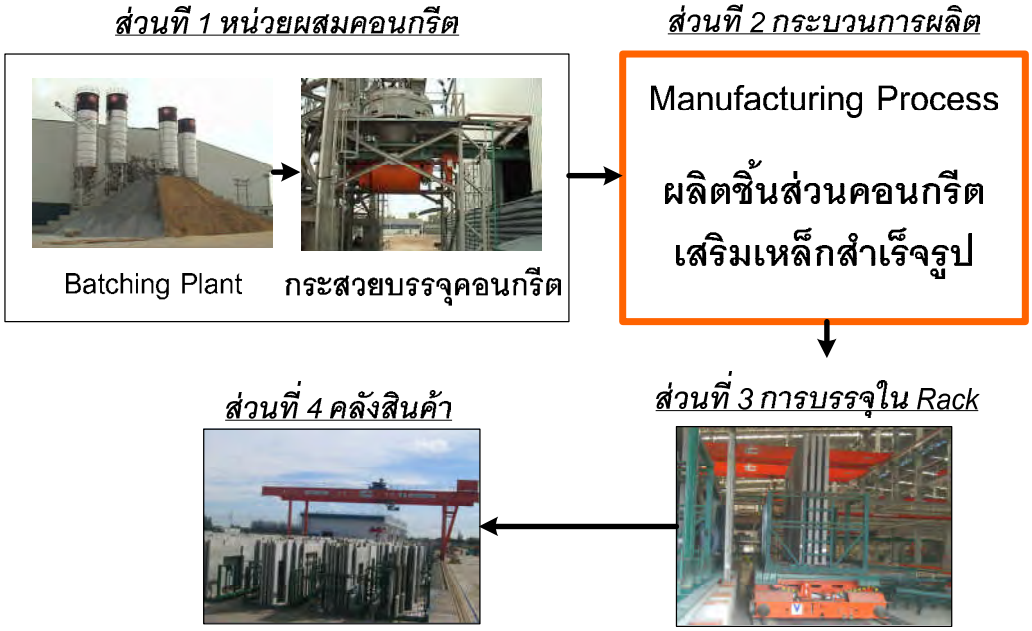
ของแบบบ้านที่ผลิตเป็นประเภทบ้านเดี่ยวหลังเล็กที่มีราคาไม่แพง เน้นตลาดสำหรับผู้มีรายได้น้อยถึงปานกลาง เช่น แบบบ้านชนิด BC และ NE เป็นต้น

3.3 กระบวนการผลิต

การผลิตโดยรวมของโรงงานตัวอย่าง ประกอบไปด้วย หน่วยผสมคอนกรีต กระบวนการผลิต การบรรจุใน Rack และ คลังสินค้า โดยกระบวนการผลิตประกอบไปด้วย 9 สถานีงาน และบางสถานีงานแบ่งพื้นที่การทำงานเป็นสถานีงานย่อย (หรือเรียกว่า Bay) และในสถานีงานย่อย (Bay) แบ่งพื้นที่การทำงานออกเป็นหน่วยงานย่อย (หรือเรียกว่า U) รวมถึงการเคลื่อนย้ายโต๊ะงานที่แบ่งเป็นการเคลื่อนย้านโต๊ะงานในและนอกระบบรางเลื่อน

ภาพรวมของกระบวนการผลิตภายในโรงงานตัวอย่างประกอบไปด้วย 4 ส่วนหลัก ได้แก่ (1) หน่วยผสมคอนกรีต (2) กระบวนการผลิต (3) การบรรจุใน Rack และ (4) คลังสินค้า โดยงานวิจัยนี้ทำการศึกษาเฉพาะในส่วนที่ 2 กระบวนการผลิต (Manufacturing Process) เท่านั้น

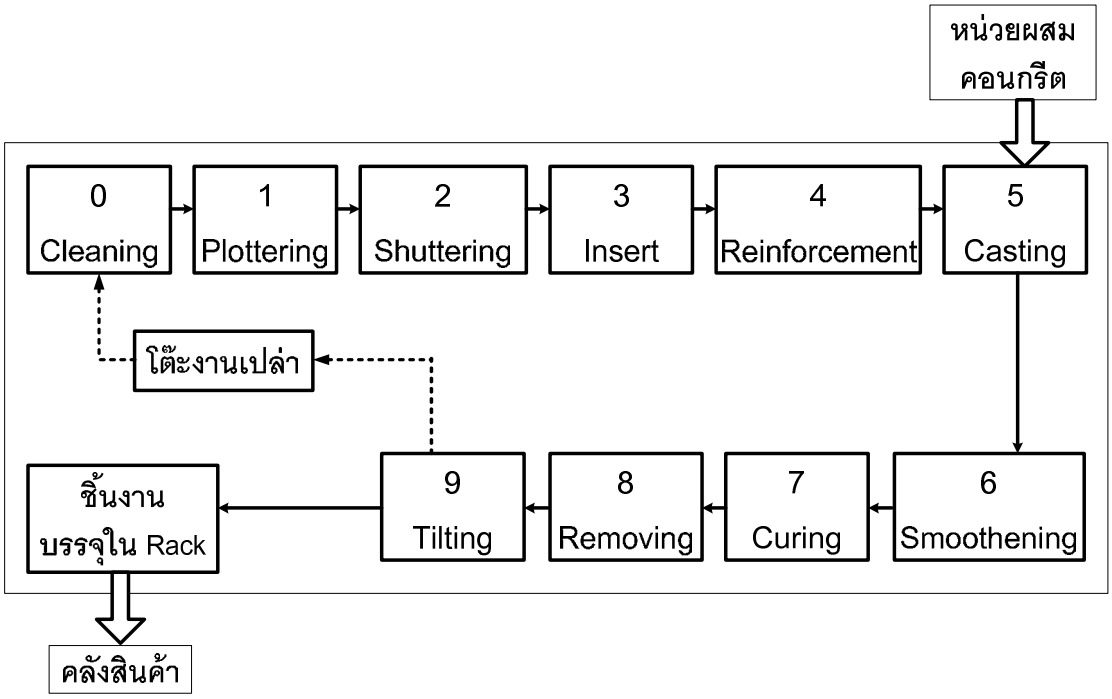
ส่วนที่ 2 กระบวนการผลิตชิ้นส่วนคอนกรีตเสริมเหล็กสำเร็จรูปจะรับคอนกรีตผสมเสร็จจากส่วนที่ 1 หน่วยผสมคอนกรีต ที่บรรจุในกระสวยบรรจุคอนกรีตเคลื่อนมาตามสายพานเข้าในกระบวนการผลิตและผลิตชิ้นส่วนคอนกรีตเสริมเหล็กสำเร็จรูป จากนั้นนำไปส่วนที่ 3 บรรจุใน Rack เพื่อเก็บในส่วนที่ 4 คลังสินค้าต่อไป ดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 ภาพรวมกระบวนการผลิตชิ้นส่วนคอนกรีตเสริมเหล็กสำเร็จรูป

3.3.1 รายละเอียดขั้นตอนการผลิต

กระบวนการผลิตชิ้นส่วนคอนกรีตเสริมเหล็กสำเร็จรูป ประกอบไปด้วย 9 สถานีงาน โดยขั้นตอนการผลิตเริ่มตั้งแต่โต๊ะงานเปล่าที่มาจากสถานีงานที่ 9 เคลื่อนมากระบวนการผลิตเริ่มต้น คือ สถานีที่ 0 ทำความสะอาดและเคลือบน้ำมัน จากนั้นโต๊ะงานจะเคลื่อนเข้าสู่กระบวนการผลิตหลักทั้ง 9 สถานีงาน และจะทำการผลิตผลิตภัณฑ์ลงบนโต๊ะงานเป็นแผ่นชิ้นงานออกมา จากนั้นจะยกแผ่นชิ้นงานออกที่สถานีงานที่ 9 เพื่อนำไปเก็บในคลังสินค้า ส่วนโต๊ะงานเปล่าจะเคลื่อนกลับไปยังสถานีที่ 0 เพื่อใช้ในการผลิตต่อไป ดังรูป 3.3



รูปที่ 3.3 กระบวนการผลิตชิ้นส่วนคอนกรีตเสริมเหล็กสำเร็จรูป

จากรูปที่ 3.3 กระบวนการผลิตชิ้นส่วนคอนกรีตเสริมเหล็กสำเร็จรูป เป็นกระบวนการผลิตแบบต่อเนื่อง (Continuous Production Process) และการวางแผนผังตามผลิตภัณฑ์ (Product Layout) กล่าวคือ มีการผลิตสินค้าน้อยชนิดแต่มีความหลากหลายและผลิตในปริมาณที่สูง และสายการผลิตมีการขนย้ายโดยผ่านอุปกรณ์สายพาน ทั้งนี้ กระบวนการผลิตเป็นการหล่อคอนกรีตลงบนโต๊ะงาน ซึ่งประกอบไปด้วย 9 สถานีงาน โดยขั้นตอนการผลิตเริ่มตั้งแต่โต๊ะงานเปล่า (Pallet)

ที่มาจากสถานีที่ 9 สถานียกชิ้นงานเก็บ (Tilting) เคลื่อนไปยังสถานีงานที่ 0 สถานีทำความสะอาดและเคลือบน้ำมัน ด้วยระบบสายพานต่อเนื่อง จากนั้นจะเคลื่อนย้ายโต๊ะงานไปยังสถานีที่ 1 สถานีกำหนดตำแหน่งอุปกรณ์ (Plottering) จนกระทั่งถึงสถานีงานที่ 9 ดังสรุปรายละเอียดสถานีงานและหน้าที่การทำงาน ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 สรุปรายละเอียดสถานีงานและหน้าที่การทำงาน

ลำดับที่ (ขั้นตอน)	ชื่อสถานี	หน้าที่การทำงาน
1	Plottering (กำหนดตำแหน่งอุปกรณ์)	วาดรูปชิ้นงานและระบุตำแหน่งบนโต๊ะงาน เช่น ประตู หน้าต่าง ปลั๊กไฟ ท่อไฟ ท่อน้ำ และอื่นๆ ตามแบบ
2	Shuttering (วางแบบกั้นข้าง)	วางเหล็กกั้นแบบข้าง (Shutter) เพื่อเป็นแนวในการเทคอนกรีต
3	Insert (ติดตั้งอุปกรณ์)	ติดตั้งประเภทชุดอุปกรณ์ตามตำแหน่งที่วาดไว้ในขั้นตอนกำหนดตำแหน่งอุปกรณ์
4	Reinforcement (วางโครงเหล็ก)	วางตะแกรงเหล็กเพื่อเสริมความแข็งแรงและวัสดุฝังทั้งหมดตามตำแหน่งที่กำหนดไว้ตามแบบ
5	Casting (เทคอนกรีต)	เครื่องเทคอนกรีตจะเทคอนกรีตผสมเสร็จลงบนโต๊ะงาน
6	Smoothening (ขัดผิวหน้าคอนกรีต)	เมื่อคอนกรีตแข็งตัวได้ระดับที่ต้องการแล้ว จึงใช้ Helicopter ขัดผิวหน้าคอนกรีตให้เรียบ
7	Curing (บ่มคอนกรีต)	ห้องบ่มคอนกรีต ทำการเก็บโต๊ะงานพร้อมแผ่นคอนกรีตสำเร็จรูปไว้ เพื่อเร่งให้ได้กำลังของคอนกรีตเร็วขึ้น
8	Removing (ถอดแบบ)	จุดถอดแบบกั้นข้าง จะทำการถอดแบบกั้นข้างที่วางไว้ออก
9	Tilting (ยกชิ้นงานเก็บ)	ยกแผ่นคอนกรีตสำเร็จรูปออกจากโต๊ะงานและเก็บใน Rack ส่วนโต๊ะงานจะเข้าทำความสะอาดที่สถานีที่ 0 เพื่อใช้ในกระบวนการผลิตต่อไป

รายละเอียดขั้นตอนการผลิตของกระบวนการผลิต เริ่มจากโต๊ะงานเปล่าที่มาจากสถานียกชิ้นงานเก็บ (Tilting) เคลื่อนมาทำความสะอาดและเคลือบน้ำมัน ดังรูปที่ 3.4 ซึ่งเป็นกระบวนการเริ่มต้นก่อนที่จะเข้าสู่กระบวนการผลิตหลักทั้ง 9 สถานีงาน ซึ่งรายละเอียดของกระบวนการผลิตในแต่ละสถานีทั้ง 9 สถานีงาน มีดังต่อไปนี้

1. **สถานีกำหนดตำแหน่งอุปกรณ์** (Plottering)

เมื่อโต๊ะงานมาถึง เครื่องวาด (Plot) จะทำการวาดตามรายการสั่งผลิตที่ได้จากระบบข้อมูลคอมพิวเตอร์ (Master Computer) ซึ่งควบคุมการผลิต โดยจะวาดรูปร่างชิ้นงานทั้งหมด รวมถึงระบุตำแหน่ง เช่น ประตู หน้าต่าง ปลั๊กไฟ ท่อไฟ ท่อน้ำ และอื่นๆ ตามแบบ ดังรูปที่ 3.5

2. **สถานีวางแบบกั้นข้าง** (Shuttering)

พนักงานจะยกแบบกั้นข้างจากคลังเก็บมาวางลงบนโต๊ะงานตามเส้นที่วาดไว้ เพื่อเป็นแนวในการเทคอนกรีต และทำการตรวจสอบความกว้าง ยาว และเส้นทะแยงมุม ทั้ง 2 ด้าน จากนั้นทำการยึดแม่เหล็กของแบบกั้นข้าง โดยใช้ค้อนยางตอก ดังรูปที่ 3.6

3. **สถานีติดตั้งอุปกรณ์** (Insert)

พนักงานจะทำการติดตั้งประเภทชุดอุปกรณ์ เช่น ประตูสำเร็จรูป หน้าต่างประกอบ และวงกบ เป็นต้น จากนั้นล็อกด้วยแม่เหล็กและทาน้ำยาทาแบบ และติดตั้งอุปกรณ์เล็ก แท่งไนลอน และท่อไฟ ทำการตรวจสอบความถูกต้องของตำแหน่ง ชนิดอุปกรณ์ ตามแบบที่แนบมากับโต๊ะงาน ดังรูปที่ 3.7

4. **สถานีวางโครงเหล็กเสริมความแข็งแรง** (Reinforcement)

พนักงานจะวางตะแกรงเหล็กเพื่อเสริมความแข็งแรงและวัสดุฝัง ตามตำแหน่งที่กำหนดไว้ และผูกเหล็กเส้นยึดตะแกรงเหล็ก ดังรูปที่ 3.8

5. **สถานีเทคอนกรีต** (Casting)

ก่อนเริ่มการเทคอนกรีตพนักงานวางแม่เหล็กยึดแบบกั้นข้าง และกระสวยบรรจุจะนำคอนกรีตผสมเสร็จวิ่งมาตามรางมาเทลงในเครื่องเทคอนกรีต (Concrete Spreader) และเทลงบนโต๊ะงาน ควบคุมปริมาณให้พอดี ไม่มากและน้อยเกินไป จากนั้นเปิดเครื่องสั่นคอนกรีตจนกระทั่งฟองอากาศที่ขึ้นมาบนผิวคอนกรีตหมด และเกลี่ยคอนกรีตให้เรียบเสมอกัน ดังรูปที่ 3.9

6. **สถานีขัดผิวหน้าคอนกรีต** (Smoothening)

เมื่อคอนกรีตบนโต๊ะงานแข็งตัว (Set) ได้ระดับที่ต้องการแล้วจึงขัดผิวหน้าคอนกรีตดังนี้

ขั้นที่ 1 ใช้เครื่องขัด (Helicopter) ขัดผิวหน้าคอนกรีตให้เรียบ โดยใช้ถาดขัด ปรับระดับส่วนที่ขาดเกิน รอคอนกรีตแข็งตัว (Set) ได้ระดับที่ต้องการ จึงทำต่อในขั้นที่ 2

ขั้นที่ 2 ใช้เครื่องขัด (Helicopter) ขัดด้วยถาดให้เรียบร้อยอีกครั้ง รอเวลาสักพักเพื่อให้ผิวคอนกรีตพร้อมที่จะทำการขัดผิวขัดมันได้ จึงทำต่อในขั้นที่ 3

ขั้นที่ 3 ใช้เครื่องขัด (Helicopter) ที่เปลี่ยนใบขัดจากแบบถาดเป็นใบขัดมันมาทำการขัดมัน เก็บรายละเอียดส่วนเกินให้เรียบร้อย ใช้ฟองน้ำแห้งถูผิวคอนกรีตให้เรียบเสมอทั่วทั้งแผ่นชิ้นส่วนคอนกรีตเสริมเหล็กสำเร็จรูป ทำความสะอาดเศษปูนที่ติดตามแบบกั้นข้าง (Shutter) ออกให้หมด ดังรูปที่ 3.10

7. **สถานีบ่มคอนกรีต** (Curing)

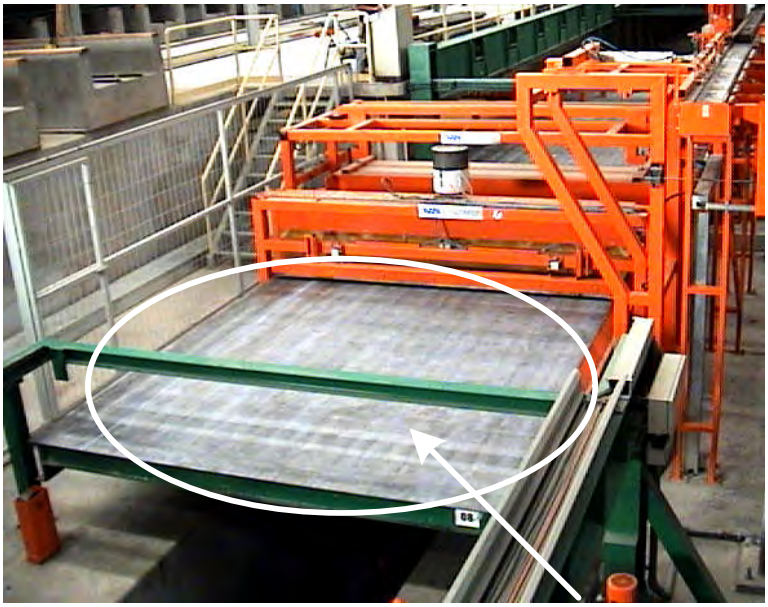
พนักงานนำโต๊ะงานเข้าห้องบ่มคอนกรีต ทำการบ่มเป็นเวลา 8 ชั่วโมง เพื่อให้ได้กำลังของคอนกรีตเร็วขึ้น (คอนกรีตแข็งตัว) ห้องบ่มคอนกรีตมีทั้งหมด 5 แถว แถวละ 19 ห้อง รวม 95 ห้อง ดังรูปที่ 3.11

8. **สถานีถอดแบบ** (Removing)

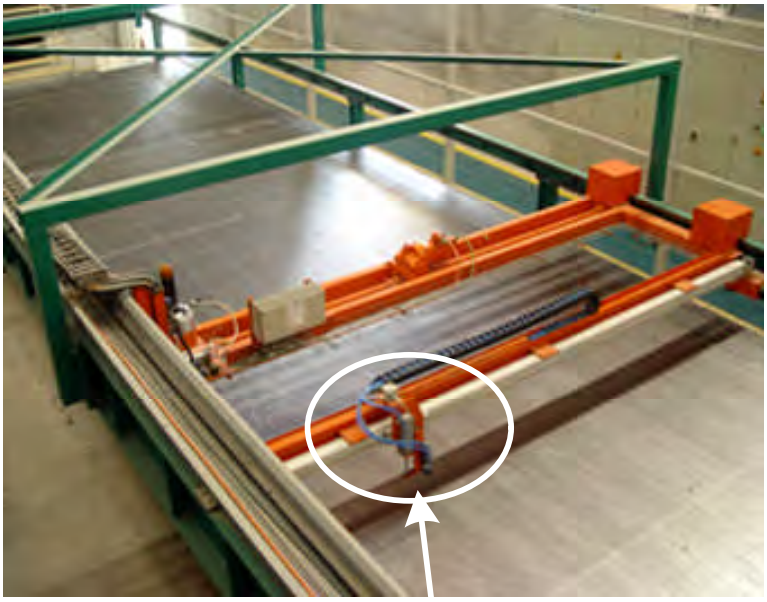
พนักงานจะถอดอุปกรณ์ภายนอกแผ่นชิ้นส่วนคอนกรีตเสริมเหล็กสำเร็จรูปออก เช่น แท่งไนลอน ส่วนการถอดแบบกั้นข้างใช้เครื่องมือที่จัดไว้งัดจุดงัดแบบกั้นข้าง เพื่อให้แม่เหล็กถูกยกขึ้นทำให้แบบกั้นข้างไม่ดูดติดกับโต๊ะงาน ดังรูปที่ 3.12

9. **สถานียกชิ้นงานเก็บ** (Tilting)

เมื่อโต๊ะงานมาถึงจะถูกยกเอียงทำมุม 85 องศากับระดับพื้น และยกแผ่นชิ้นส่วนคอนกรีตเสริมเหล็กสำเร็จรูป (Pre-Cast Concrete) ออกจากโต๊ะงานให้หมด และตกแต่งชิ้นงาน จากนั้นตรวจสอบคุณภาพให้เรียบร้อยก่อนนำไปบรรจุใน Rack ที่จัดไว้ เพื่อจัดเก็บในคลังสินค้า และโต๊ะงานจะเคลื่อนเข้าทำความสะอาดและเคลือบมัน เพื่อใช้ในกระบวนการผลิตต่อไป ดังรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.4 ขั้นตอนการทำความสะอาดและเคลือบน้ำมัน



รูปที่ 3.5 ขั้นตอนการกำหนดตำแหน่งอุปกรณ์

วางแบบกั้นข้าง (Shutter)

รูปที่ 3.6 ขั้นตอนการวางแบบกั้นข้าง

ติดตั้งประตู

รูปที่ 3.7 ขั้นตอนการติดตั้งอุปกรณ์

วางโครงเหล็กเสริมความแข็งแรง

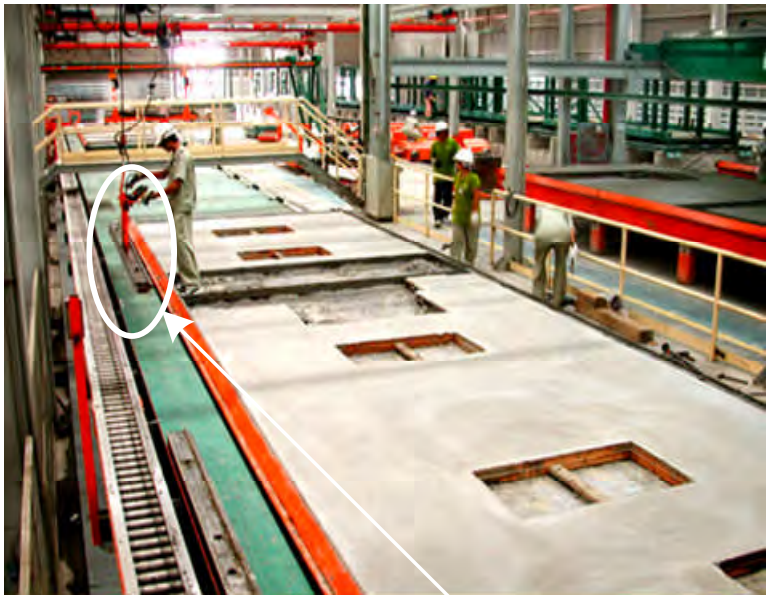
รูปที่ 3.8 ขั้นตอนการวางโครงเหล็กเสริมความแข็งแรง

เทคอนกรีต

รูปที่ 3.9 ขั้นตอนการเทคอนกรีต

รูปที่ 3.10 ขั้นตอนการขัดผิวหน้าคอนกรีต

รูปที่ 3.11 ขั้นตอนการบ่มคอนกรีต



ถอดแบบกั้นข้าง (Shutter)

รูปที่ 3.12 ขั้นตอนการถอดแบบกั้นข้าง

ชิ้นส่วนคอนกรีตเสริมเหล็กสำเร็จรูป

รูปที่ 3.13 ขั้นตอนการยกชิ้นส่วนคอนกรีตเสริมเหล็กสำเร็จรูป

3.3.2 การแบ่งพื้นที่ทำงานในสถานีงาน

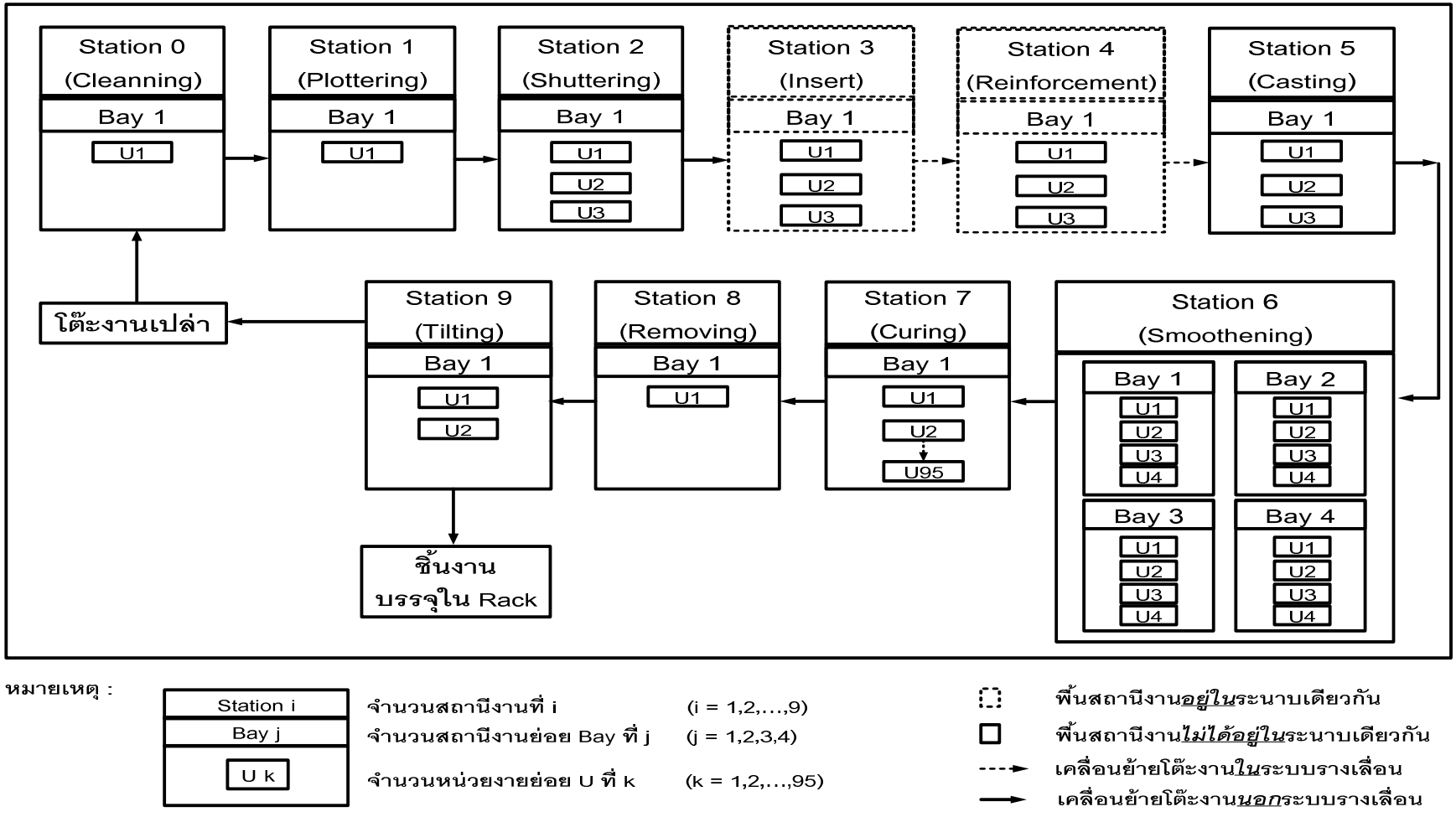
จากรูปที่ 3.14 การแบ่งพื้นที่ทำงานในแต่ละสถานีงานทั้ง 9 สถานีงาน โดยบางสถานีงานจะแบ่งพื้นที่การทำงานเป็นสถานีงานย่อยๆ (หรือเรียกว่า Bay) และแต่ละสถานีงานย่อยยังแบ่งพื้นที่การทำงานออกเป็นหน่วยงานย่อย (หรือเรียกว่า U) โดยทั้งแต่ละ Bay และ U จะทำงานอิสระต่อกัน แต่ใช้กลุ่มคนงานกลุ่มเดียวกัน ตามตารางที่ 3.2 ได้แสดงการจำแนกจำนวน Bay และ U ของแต่ละสถานีงาน สำหรับการเคลื่อนย้ายโต๊ะงานระหว่างสถานีงานภายในโรงงาน จำแนกได้เป็น 2 ระบบ คือ

1. การเคลื่อนย้ายโต๊ะงานระหว่างสถานีงานในระบบรางเลื่อน (Internal Transport) หมายถึง การเคลื่อนย้ายโต๊ะงานระหว่างสถานีงานหนึ่งไปยังสถานีงานถัดไป โดยผ่านระบบสายพานเพียงอย่างเดียว และพื้นสถานีงานอยู่ในระนาบเดียวกัน
2. การเคลื่อนย้ายโต๊ะงานระหว่างสถานีงานนอกระบบรางเลื่อน (External Transport) หมายถึง การเคลื่อนย้ายโต๊ะงานระหว่างสถานีงานหนึ่งไปยังสถานีงานถัดไป โดยผ่านระบบสายพานและอุปกรณ์ยกมารับเคลื่อนที่พาไป และพื้นสถานีงานไม่ได้อยู่ในระนาบเดียวกัน

ตารางที่ 3.2 การจำแนกจำนวน Bay และ U ของแต่ละสถานีงานและการเคลื่อนย้ายโต๊ะงาน

ขั้นตอนที่	สถานีงาน	จำนวน Bay ในสถานีงาน	จำนวน หน่วยงานย่อย (U)	การเคลื่อนย้ายโต๊ะงาน ออกจากสถานีงาน
1	Plottering	1	1	*นอก*ระบบรางเลื่อน
2	Shuttering	1	3	*นอก*ระบบรางเลื่อน
3	Insert	1	3	*ใน*ระบบรางเลื่อน
4	Reinforcement	1	3	*ใน*ระบบรางเลื่อน
5	Casting	1	3	*นอก*ระบบรางเลื่อน
6	Smoothening	4	16	*นอก*ระบบรางเลื่อน
7	Curing	1	95	*นอก*ระบบรางเลื่อน
8	Removing	1	1	*นอก*ระบบรางเลื่อน
9	Tilting	1	2	*นอก*ระบบรางเลื่อน
รวม		12	127	

หมายเหตุ : การเคลื่อนย้ายโต๊ะงานเข้าสถานี Plottering จะเป็นการเคลื่อนย้ายในระบบรางเลื่อน



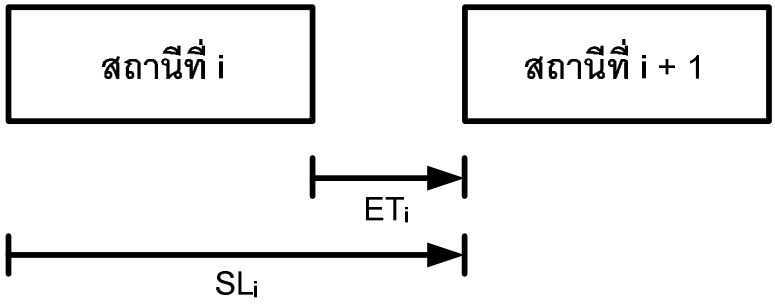
รูปที่ 3.14 แผนผังกระบวนการผลิตชิ้นส่วนคอนกรีตเสริมเหล็กสำเร็จรูป

3.3.3 การเคลื่อนย้ายโต๊ะงานและสัญลักษณ์เวลาของกระบวนการผลิต

การเคลื่อนย้ายโต๊ะงานในกระบวนการผลิตจากสถานีงานหนึ่งไปยังสถานีงานถัดไป จะเป็นการเคลื่อนย้ายโต๊ะงานแบบทีละชิ้น ซึ่งเป็นอิสระต่อกัน ซึ่งการไหลแบบทีละชิ้น (One – piece Flow) กล่าวคือ ในการผลิตจะประกอบไปด้วยคน วัสดุและอุปกรณ์ เครื่องจักร และสถานีงาน จะถูกจัดเรียงไว้ตามลำดับขั้นตอนการผลิต เมื่อมีการผลิตผลิตภัณฑ์จะมีการเคลื่อนที่ของโต๊ะงานเข้าไปในกระบวนการผลิตเพียง 1 โต๊ะงาน และเมื่อในขั้นตอนแรกเสร็จ พนักงานก็จะทำการส่งโต๊ะงานนี้ไปยังขั้นตอนต่อไปทันที และทำอย่างนี้ไปเรื่อยๆ จนถึงขั้นตอนสุดท้าย

ซึ่งกระบวนการผลิตของโรงงานตัวอย่างตั้งแต่โต๊ะงานเริ่มเข้าสู่สถานีที่ 0 จากนั้นเคลื่อนเข้าสู่กระบวนการผลิตที่สถานีงานที่ 1 จนผลิตเป็นชิ้นงานออกมาที่สถานีที่ 9 เวลาในการผลิตทั้งหมดจะถูกบันทึกเวลาการหยุดและเคลื่อนที่ของโต๊ะงานระหว่างสถานีงานจนถึงขั้นตอนการผลิตสุดท้าย โดยระบบคอมพิวเตอร์ กล่าวคือ ระบบคอมพิวเตอร์จะเริ่มบันทึกเวลาเมื่อโต๊ะงานเข้ามาถึงที่สถานีที่ i ตลอดจนพนักงานทำงานเสร็จและโต๊ะงานเคลื่อนออกไปหยุดที่สถานีที่ i + 1 เป็นเวลารวมในการผลิต 1 สถานี ดังรูปที่ 3.15 ซึ่งเวลาที่บันทึกได้ประกอบไปด้วย 2 ส่วน ดังนี้

1. เวลาที่ใช้ของสถานีงาน (Station lead time : SL) โดยระบบคอมพิวเตอร์เริ่มบันทึกเวลาตั้งแต่โต๊ะงานเข้ามาถึงสถานีที่ i จนกระทั่งโต๊ะงานเคลื่อนออกไปหยุดที่สถานีที่ i + 1 นับเป็นเวลาที่ใช้ของสถานีที่ i
2. เวลาเคลื่อนย้ายของโต๊ะงานระหว่างสถานีงานนอกระบบรางเลื่อน (Eternal transport time : ET) โดยระบบคอมพิวเตอร์เริ่มบันทึกเวลาเมื่อพนักงานกดปุ่มเคลื่อนย้ายโต๊ะงานจากสถานีที่ i และโต๊ะงานจะเคลื่อนไปหยุดที่สถานีที่ i + 1 นับเป็นเวลาการเคลื่อนย้ายโต๊ะงานระหว่างสถานีงานนอกระบบรางเลื่อนของสถานีที่ i



รูปที่ 3.15 แสดงสัญลักษณ์เวลาของกระบวนการผลิต โดยการบันทึกด้วยระบบคอมพิวเตอร์

เมื่อ SL_i = เวลาที่ใช้ของสถานีที่ i (นาที)

ET_i = เวลาเคลื่อนย้ายโต๊ะงานระหว่างสถานีงานนอกระบบรางเลื่อนของสถานีที่ i (นาที)

i = สถานีที่ i (i = 1,2,…,9)

ดังนั้น จากรูปที่ 3.14 สามารถอธิบายการเคลื่อนที่ของโต๊ะงานไปยังสถานีงาน สถานีงานย่อย (Bay) และหน่วยงานย่อย (U) ซึ่งใช้กฎของ FIFO (First In First Out) คือ โต๊ะงานที่มาถึงก่อนจะได้รับการทำงานก่อนและถูกเคลื่อนย้ายออกจากสถานีงานก่อน โดยโต๊ะงานเคลื่อนเข้ามาสถานีที่ 0 Bay1 U1 เคลื่อนออกไปยังสถานีที่ 1 Bay1 U1 เคลื่อนออกไปยังสถานีงานที่ 2 Bay1 และเข้าไปทำงานที่ U1 หรือ U2 หรือ U3 จนเต็มและแต่ละ U ทำงานเป็นอิสระต่อกัน เมื่อโต๊ะงานแต่ละ U จากสถานีที่ 2 ทำงานเสร็จจะส่งโต๊ะงานจาก U1 เข้า U1 และ U2 เข้า U2 และ U3 เข้า U3 งาน ไปยังสถานีที่ 3 4 และ 5 ตามลำดับ และจากสถานีที่ 5 จะมี Rack operation มารับโต๊ะงานและส่งต่อไปยังสถานีที่ 6 จะเข้าไปยัง Bay1 2 3 หรือ 4 ที่หน่วยงานย่อย (U) นั้นว่าง จากนั้น Rack operation มารับโต๊ะงานและส่งต่อไปยังสถานีที่ 7 Bay1 และเข้าไป U1 ถึง U95 ที่ว่าง จากนั้น Rack operation มารับโต๊ะงานและส่งต่อไปยังสถานีที่ 8 Bay1 และเข้าไป U1 เคลื่อนออกไปยังสถานีที่ 9 Bay1 เข้าไป U1 หรือ U2 ที่ว่างในขณะนั้น เมื่อผลิตเสร็จโต๊ะงานจะเคลื่อนไปยังสถานีที่ 0 เพื่อใช้ในกระบวนการผลิตต่อไป

3.4 สภาพปัญหาที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน

การก่อสร้างโรงงานตัวอย่างทางผู้บริหารได้ว่าจ้างบริษัทที่ปรึกษาออกแบบก่อสร้าง โดยกำหนดให้ผลิตบ้านได้ 300 หลัง/เดือน หรือคิดเป็น 110,000 ตารางเมตรผลผลิต โดยอิงจากจำนวนโต๊ะงานที่ต้องการผลิต/เดือน โดย 1 โต๊ะงานมีพื้นที่ 28 ตารางเมตร และประเมินจากแบบบ้าน 1 หลัง ใช้จำนวนโต๊ะงาน 12 โต๊ะงาน และเมื่อสร้างเสร็จทางบริษัทผู้ออกแบบก่อสร้างได้ดำเนินการทดลองผลิตจริงที่สถานีกำหนดตำแหน่งอุปกรณ์ (Plottering) ซึ่งเป็นสถานีงานแรกที่เริ่มทำงานและใช้เครื่องจักรในการทำงานเท่านั้น พบว่าเวลาในการทำงาน เท่ากับ 8.08 นาที/โต๊ะงาน เมื่อดำเนินการผลิต 484 ชั่วโมงการทำงาน/เดือน ซึ่งเป็นสถานีงานที่ใช้เวลาในการผลิตน้อยที่สุด ตามการออกแบบโรงงาน และในปัจจุบันได้ตั้งเกณฑ์ในการกำหนดกำลังการผลิตตามเป้าหมายโรงงานที่ผลิตบ้านได้ 300 หลัง/เดือน โดยอิงที่ชั่วโมงการทำงานเฉลี่ยต่อเดือนเท่ากับ 524 ชั่วโมงการทำงาน/เดือน (การทำงาน 23 วัน/เดือน ทำงาน 20 ชั่วโมง/วัน คิดเป็น 460 ชั่วโมง/เดือน และ 4 วัน/เดือน ทำงาน 16 ชั่วโมง/วัน คิดเป็น 64 ชั่วโมง/เดือน) ต้องมีรอบเวลาการผลิต 9.5 นาที/โต๊ะงาน (คำนวณจาก (524 ชั่วโมง/เดือน x 60 นาที/ชั่วโมง)/(300 หลัง/เดือน x 11 โต๊ะ

งาน/หลัง)) ซึ่งในอดีตโรงงานผลิตได้ 168 หลัง/เดือน และความต้องการบ้านของลูกค้ามีเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ดังนั้น ผู้บริหารจึงกำหนดเป้าหมายในการเพิ่มอัตราการผลิตที่ร้อยละ 80 ของกำลังการผลิตโรงงาน ซึ่งผลิตบ้านได้ 240 หลัง/เดือน โดยสรุปรายละเอียดกระบวนการผลิตสถานีงานในปัจจุบัน ดังตารางที่ 3.3 และจากสภาพปัญหาที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน โดยแบ่งเป็นข้อๆ ดังนี้

1. โรงงานตัวอย่างต้องการทราบเวลาในการผลิตที่ควรเป็นของแต่ละสถานี
2. ผลผลิตต่อเดือนในอดีตอยู่ที่ 168 หลัง ซึ่งมีความแตกต่างจากเป้าหมายที่โรงงานต้องการ คือ 240 หลัง/เดือน โดยค่าสูงสุดที่เครื่องจักรออกแบบไว้ควรทำได้ 300 หลัง/เดือน เมื่อดำเนินการผลิต 524 ชั่วโมงการทำงาน/เดือน
3. โรงงานตัวอย่างต้องการทราบกำลังการผลิตที่ควรเป็น
4. โรงงานตัวอย่างต้องเพิ่มอัตราการผลิตให้ได้ตามเป้าหมายคือ 240 หลัง/เดือน หรือคิดเป็นร้อยละ 80 ของกำลังการผลิตตามการออกแบบโรงงาน

จากสาเหตุทั้ง 4 ประการที่กล่าวไว้ข้างต้น จึงนำไปสู่การศึกษาการวิเคราะห์กำลังการผลิตของโรงงานและขั้นตอนการผลิตที่ทำให้เกิดความล่าช้า รวมถึงปรับปรุงกระบวนการผลิต โดยพิจารณาลดรอบเวลาในการผลิตของแต่ละสถานี เพื่อเพิ่มอัตราการผลิตให้ได้ตามเป้าหมายของผู้บริหาร

ตารางที่ 3.3 สรุปรายละเอียดกระบวนการผลิตในสถานีงาน

ลำดับที่ (ขั้นตอน)	ชื่อสถานี	หน้าที่การทำงาน	จำนวนสถานีงานย่อย (Bay)	จำนวนหน่วยงานย่อย (U)	การเคลื่อนย้ายโต๊ะงานออกจากสถานีงาน
1	Plottering (กำหนดตำแหน่งอุปกรณ์)	วาดรูปชิ้นงานและระบุตำแหน่งบนโต๊ะงาน เช่น ประตู หน้าต่าง ปลั๊กไฟ ท่อไฟ ท่อน้ำ และอื่นๆ ตามแบบ	1	1	นอกระบบรางเลื่อน
2	Shuttering (วางแบบกั้นข้าง)	วางเหล็กกั้นแบบข้าง (Shutter) เพื่อเป็นแนวในการเทคอนกรีต	1	3	นอกระบบรางเลื่อน
3	Insert (ติดตั้งอุปกรณ์)	ติดตั้งประเภทชุดอุปกรณ์ตามตำแหน่งที่วาดไว้ในขั้นตอนกำหนดตำแหน่งอุปกรณ์	1	3	ในระบบรางเลื่อน
4	Reinforcement (วางโครงเหล็ก)	วางตะแกรงเหล็กเพื่อเสริมความแข็งแรงและวัสดุฝังทั้งหมด ตามตำแหน่งที่กำหนดไว้ตามแบบ	1	3	ในระบบรางเลื่อน
5	Casting (เทคอนกรีต)	กระสวยบรรจุคอนกรีตจะรับคอนกรีตผสมเสร็จ มาเทลงในเครื่องเทคอนกรีต จากนั้นจะเทคอนกรีตผสมเสร็จลงบนโต๊ะงาน	1	3	นอกระบบรางเลื่อน
6	Smoothening (ขัดผิวหน้าคอนกรีต)	เมื่อคอนกรีตแข็งตัวได้ระดับที่ต้องการแล้ว จึงใช้ Helicopter ขัดผิวหน้าคอนกรีตให้เรียบ ลงฟองน้ำถูผิวหน้าคอนกรีตให้เรียบเสมอกัน และทำความสะอาด	4	16	นอกระบบรางเลื่อน
7	Curing (บ่มคอนกรีต)	ห้องบ่มคอนกรีต ทำการเก็บโต๊ะงานพร้อมแผ่นคอนกรีตสำเร็จรูปไว้ เพื่อเร่งให้ได้กำลังของคอนกรีตเร็วขึ้น	1	95	นอกระบบรางเลื่อน
8	Removing (ถอดแบบ)	จุดถอดแบบกั้นข้าง จะทำการถอดแบบกั้นข้างที่วางไว้ออก	1	1	นอกระบบรางเลื่อน
9	Tilting (ยกชิ้นงานเก็บ)	ยกแผ่นคอนกรีตสำเร็จรูปออกจากโต๊ะงานและเก็บใน Rack ที่จัดไว้ จากนั้นโต๊ะงานจะเคลื่อนเข้าสู่จุดทำความสะอาด และเคลือบน้ำมัน เพื่อใช้ในกระบวนการผลิตต่อไป	1	2	นอกระบบรางเลื่อน
รวม			12	127	

หมายเหตุ : การเคลื่อนย้ายโต๊ะงานเข้าสถานี Plottering จะเป็นการเคลื่อนย้ายโต๊ะงานในระบบรางเลื่อน

บทที่ 4
วิธีการดำเนินการวิจัย

เนื้อหาในบทนี้จะกล่าวถึง การศึกษารอบเวลาการผลิตของแต่ละสถานีงานและของกระบวนการผลิตก่อนการปรับปรุง ซึ่งแบ่งเป็นการศึกษาเวลามาตรฐานประเมินและเวลาที่ใช้ในปัจจุบัน พร้อมทั้งคำนวณกำลังการผลิตโดยอิงรอบเวลาการผลิตจากเวลามาตรฐานประเมินและจากเวลาที่ใช้ในปัจจุบัน จากนั้นเปรียบเทียบรอบเวลาการผลิตและกำลังการผลิต และปรับปรุงเพื่อเพิ่มอัตราการผลิต ซึ่งขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัยมี ดังนี้

4.1 ศึกษารอบเวลาการผลิตของแต่ละสถานีงานและของกระบวนการผลิตก่อนการปรับปรุง
   - 4.1.1 เก็บรวบรวมข้อมูลการบันทึกเวลาการทำงาน
   - 4.1.2 ศึกษาเวลามาตรฐานประเมินของแต่ละสถานีงาน
   - 4.1.3 สำรวจเวลาที่ใช้ของสถานีงานในปัจจุบัน

4.2 คำนวณกำลังการผลิตโดยประเมินรอบเวลาการผลิตจากเวลามาตรฐานประเมินและจากเวลาที่ใช้ในปัจจุบัน

4.3 เปรียบเทียบรอบเวลาการผลิตและกำลังการผลิตที่ประเมินจากเวลามาตรฐานประเมินและจากเวลาที่ใช้ในปัจจุบัน

4.4 การปรับปรุงเพื่อเพิ่มอัตราการผลิต
   - 4.4.1 วิเคราะห์หาสาเหตุความล่าช้าของกระบวนการผลิตก่อนการปรับปรุง
   - 4.4.2 นำเสนอและประยุกต์แนวทางการปรับปรุง
   - 4.4.3 เปรียบเทียบรอบเวลาการผลิตและอัตราการผลิตก่อนและหลังการปรับปรุง

4.1 ศึกษารอบเวลาการผลิตของแต่ละสถานีงานและของกระบวนการผลิตก่อนการปรับปรุง

ในขั้นตอนนี้ ศึกษารอบเวลาการผลิตของแต่ละสถานีงานและของกระบวนการผลิตก่อนการปรับปรุง โดยการเก็บรวบรวมข้อมูลเวลาจากการศึกษาเวลาการทำงาน และการสำรวจเวลาที่ใช้ในปัจจุบัน ซึ่งมีขั้นตอนการดำเนินการวิจัย ดังนี้

4.1.1 เก็บรวบรวมข้อมูลการบันทึกเวลาการทำงาน

ในขั้นตอนนี้ เก็บรวบรวมข้อมูลเวลาที่เกี่ยวข้องในงานวิจัย ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน ดังนี้

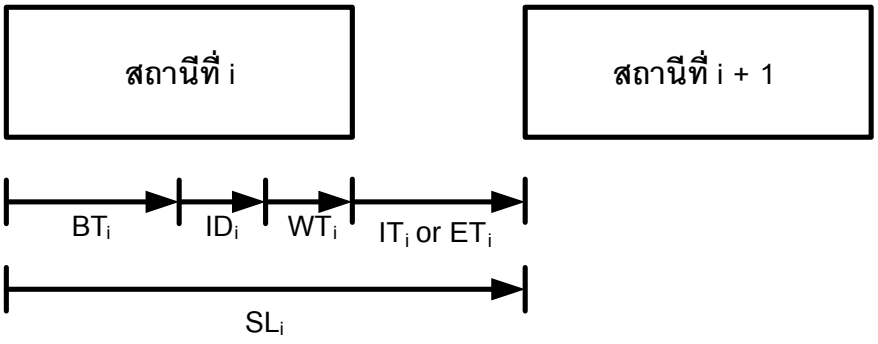
1) บันทึกเวลาการทำงานในแต่ละสถานีงานด้วยกล้องถ่ายวีดีโอ โดยใช้ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 3 ตัวอย่างต่อสถานี
2) เก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการบันทึกเวลาการหยุดและเคลื่อนที่ของโต๊ะงานระหว่างสถานีงานจนถึงขั้นตอนการผลิตสุดท้าย โดยระบบคอมพิวเตอร์

การเก็บรวบรวมข้อมูลการบันทึกเวลาการทำงานแบ่งได้เป็น 2 ส่วน ดังนี้

1. จากการศึกษาเวลาด้วยการถ่ายวีดีโอ เวลาที่ได้คือ
   (1) เวลาการทำงานพื้นฐาน (BT)
   (2) เวลาสูญเปล่าในระหว่างการทำงาน (ID)
   (3) เวลารอเพื่อส่งมอบสถานีถัดไป (WT)
   (4) เวลาเคลื่อนย้ายของโต๊ะงานระหว่างสถานีงานในระบบรางเลื่อน (IT)

2. การสำรวจเวลาด้วยการเก็บข้อมูลจากระบบคอมพิวเตอร์ เวลาที่ได้คือ
   (1) เวลาเคลื่อนย้ายของโต๊ะงานระหว่างสถานีงานนอกระบบรางเลื่อน (ET)
   (2) เวลาที่ใช้ของสถานี (SL)

ซึ่งสามารถแสดงสัญลักษณ์เวลาและการเคลื่อนย้ายของโต๊ะงานจากสถานีที่ i ไปยังสถานีที่ i+1 ดังรูปที่ 4.1 และสัญลักษณ์และความหมายของตัวแปรต่างๆ ดังตารางที่ 4.1



รูปที่ 4.1 รูปแสดงสัญลักษณ์เวลาและการเคลื่อนย้ายของโต๊ะงาน

จากสถานีที่ i ไปยังสถานีที่ i+1

ตารางที่ 4.1 สัญลักษณ์และความหมายของตัวแปรต่าง ๆ

Code	ชื่อ	ตัวแปร	หน่วย
BT_i	Basic time	เวลาการทำงานพื้นฐานของสถานีที่ i	นาที
ID_i	Idle time	เวลาสูญเปล่าในระหว่างการทำงานของสถานีที่ i	นาที
WT_i	Waiting time	เวลารอเพื่อส่งมอบสถานีถัดไปของสถานีที่ i	นาที
TT_i	Transport time	เวลาการเคลื่อนย้ายของโต๊ะงานระหว่างสถานีในและนอกระบบรางเลื่อนของสถานีที่ i	นาที
IT_i	Internal transport time	เวลาเคลื่อนย้ายของโต๊ะงานระหว่างสถานีงานในระบบรางเลื่อนของสถานีที่ i	นาที
ET_i	External transport time	เวลาเคลื่อนย้ายของโต๊ะงานระหว่างสถานีงานนอกระบบรางเลื่อนของสถานีที่ i	นาที
SL_i	Station lead-time	เวลาที่ใช้ของสถานีที่ i	นาที
i	Station i	สถานีที่ i (i = 1,2,…,9)	สถานี

จากรูปที่ 4.1 เวลาที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูลสามารถนำมาคำนวณเวลาการเคลื่อนย้ายโต๊ะงานระหว่างสถานีงาน และเวลาที่ใช้ของสถานีงาน โดยเวลาการเคลื่อนย้ายโต๊ะงานระหว่างสถานีงาน คำนวณได้จากผลรวมของเวลาการเคลื่อนย้ายโต๊ะงานระหว่างสถานีงานในระบบรางเลื่อนกับนอกระบบรางเลื่อน ดังสมการที่ (4.1) และเวลาที่ใช้ของสถานีงาน คำนวณได้จากผลรวมของเวลาการทำงานพื้นฐาน บวกเวลาสูญเปล่าในระหว่างการทำงาน บวกเวลารอเพื่อส่งมอบสถานีถัดไป และบวกด้วยเวลาการเคลื่อนย้ายโต๊ะงานระหว่างสถานีงาน ดังสมการที่ (4.2)

$$TT_i = IT_i + ET_i \quad (4.1)$$

$$SL_i = BT_i + ID_i + WT_i + TT_i \quad (4.2)$$

เมื่อ TT_i = เวลาการเคลื่อนย้ายของโต๊ะงานระหว่างสถานีในและนอกระบบรางเลื่อน (นาที)

SL_i = เวลาที่ใช้ของสถานีที่ i (นาที)

BT_i = เวลาการทำงานพื้นฐานของสถานีที่ i (นาที)

ID_i = เวลาสูญเปล่าในระหว่างการทำงานของสถานีที่ i (นาที)

WT_i = เวลารอเพื่อส่งมอบสถานีถัดไปของสถานีที่ i (นาที)

IT_i = เวลาเคลื่อนย้ายของโต๊ะงานระหว่างสถานีงานในระบบรางเลื่อนของสถานีที่ i (นาที)

ET_i = เวลาเคลื่อนย้ายของโต๊ะงานระหว่างสถานีงานนอกระบบรางเลื่อนของสถานีที่ i (นาที)

i = สถานีที่ i (i = 1,2,…,9)

4.1.2 ศึกษาเวลามาตรฐานประเมินของแต่ละสถานีงาน

ในขั้นตอนนี้จะทำการศึกษาเวลาการทำงาน เพื่อประเมินเวลามาตรฐาน รอบเวลาการผลิตและประเมินกำลังการผลิต โดยขั้นตอนการดำเนินงานมีดังนี้

1. การบันทึกเวลาการทำงานด้วยกล้องถ่ายวีดีโอ
2. แบ่งงานในแต่ละสถานีงานออกเป็นงานย่อย (Elements) ต่างๆ เพื่อจะได้จับเวลาแยกเป็นขั้นตอนย่อยๆ โดยเขียนแสดงความสัมพันธ์ลำดับก่อนหลังกิจกรรม
3. จับเวลาในแต่ละงานย่อย (Elements) ต่างๆ
4. ระดมสมองร่วมกับวิศวกรของโรงงานเพื่อหาค่าประเมิน (Rating) และค่าเผื่อ (Allowance)
5. เปลี่ยนเวลาที่ศึกษาจากการถ่ายวีดีโอเป็นเวลาการทำงานพื้นฐาน (Basic Time)
6. ประเมินเวลามาตรฐาน
7. คำนวณหาเวลาที่ใช้ผลิตและเวลาสูญเปล่าในแต่ละสถานีงาน
8. ประเมินรอบเวลาการผลิตและกำลังการผลิตของโรงงาน

ซึ่งการหาเวลามาตรฐานประเมิน จุดประสงค์เพื่อให้ทราบ เวลามาตราฐานที่โรงงานควรจะเป็น เมื่อคิดเฉพาะเวลาการทำงานหลักเท่านั้น กล่าวคือ การประเมินเวลามาตรฐานจะคำนวณเฉพาะเวลาการทำงานเท่านั้นและไม่รวมความสูญเปล่าที่เกิดขึ้นในระหว่างการทำงาน โดยวิธีการคำนวณเวลามาตรฐานประเมิน และรอบเวลาการผลิตของแต่ละสถานีงานและของกระบวนการผลิต ดังขั้นตอนต่อไปนี้

4.1.2.1 วิธีการคำนวณเวลามาตรฐานประเมิน

การคำนวณเวลามาตรฐานประเมิน เป็นผลรวมของเวลาการทำงานพื้นฐานที่ได้จากการศึกษาการทำงานด้วยการบันทึกเวลาจากวีดีโอ และเวลาเผื่อการทำงาน โดยเวลาการทำงานพื้นฐานคำนวณจากเวลาที่ศึกษาจากวีดีโอคูณกับค่าประเมิน สำหรับเวลาเผื่อคำนวณจากเวลาการทำงานพื้นฐานคูณกับเปอร์เซนต์เวลาเผื่อ ซึ่งมีขั้นตอน ดังนี้

1. คำนวณเวลาการทำงานพื้นฐาน (Basic time: BT) (นาที)

เวลาการทำงานพื้นฐาน คำนวณได้จากเวลาที่ศึกษาจากวีดีโอ (Observed time) โดยพิจารณาเฉพาะเวลาการทำงานหลัก (main job time) ที่ส่งผลต่อระยะเวลาการทำงานของสถานีงานเท่านั้น ไม่รวมถึงเวลาสูญเปล่าในระหว่างการทำงาน เวลารอเพื่อส่งมอบสถานีถัดไป และเวลาการเคลื่อนย้ายของโต๊ะงานระหว่างสถานีในและนอกระบบรางเลื่อน จากนั้นนำมาคูณกับค่าประเมินการทำงานที่บันทึกการทำงานจากวีดีโอ การประเมินค่าประเมินโดยวิศวกรที่เกี่ยวข้องกำหนดให้เท่ากับหนึ่ง เนื่องจากพนักงานทุกคนทำงานด้วยอัตราปกติที่คนงานที่เหมาะสมทำได้ในอัตราการประเมินมาตรฐาน การทำงานไม่เร็วและช้าเกินไป ดังสมการที่ (4.3)

$$BT_i = OT_i \times \text{ค่าประเมิน} \quad (4.3)$$

เมื่อ BT_i = เวลาการทำงานพื้นฐานของสถานีที่ i (นาที)

OT_i = เวลาที่ศึกษาจากวีดีโอของสถานีที่ i (นาที)

ค่าประเมิน = ค่าประเมินการทำงาน เท่ากับ 1

i = สถานีที่ i (i = 1,2,…,9)

2. คำนวณเวลามาตรฐานประเมิน (Estimated standard time : EST) (นาที/โต๊ะงาน)

เมื่อทราบค่าเวลาการทำงานพื้นฐานแล้วจากนั้นก็นำมาประเมินเวลามาตรฐานในการทำงาน และต้องหาเปอร์เซนต์เวลาเผื่อของการทำงาน เพราะในการทำงานของคนนั้นต้องออกแรงทำงานรวมไปถึงปริมาณการผักผ่อนที่จำเป็น โดยการประเมินเวลามาตรฐานจากการนำเปอร์เซนต์เวลาเผื่อคูณกับเวลาการทำงานพื้นฐาน จากนั้นบวกกับเวลาการทำงานพื้นฐานอีกครั้ง ดังสมการ (4.4) และ (4.5)

$$AT_i = BT_i \times \%AT_i \quad (4.4)$$

$$EST_i = BT_i + AT_i \quad (4.5)$$

เมื่อ AT_i = เวลาเผื่อของสถานีที่ i (นาที)

EST_i = เวลามาตรฐานประเมินของสถานีที่ i (นาที/โต๊ะงาน)

BT_i = เวลาการทำงานพื้นฐานของสถานีที่ i (นาที)

$\%AT_i$ = เปอร์เซนต์เวลาเผื่อของสถานีที่ i (%)

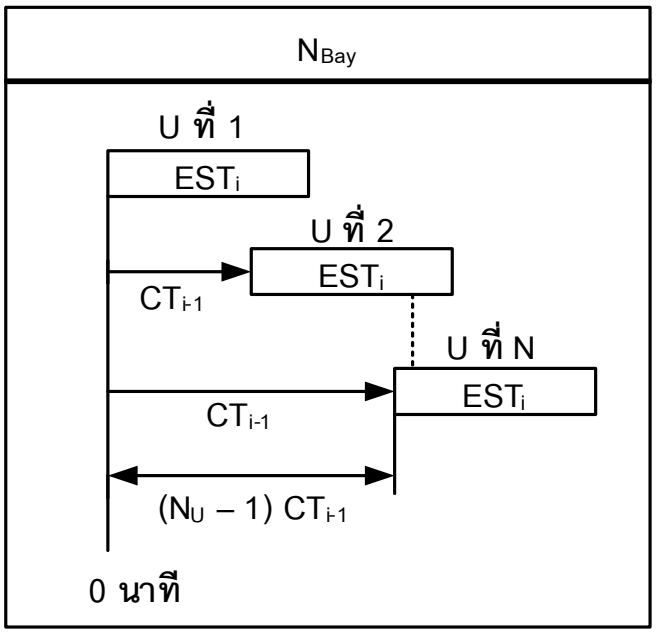
i = สถานีที่ i (i = 1,2,…,9)

4.1.2.2 การคำนวณรอบเวลาผลิตของสถานีงานและของกระบวนการผลิต

การคำนวณรอบเวลาการผลิต มาจากการคำนวณเวลาการเข้าของโต๊ะงานที่สถานีงานและจากเวลามาตรฐานประเมิน โดยนำเวลาการเข้าของโต๊ะงานคูณกับเวลามาตรฐานประเมิน จากนั้นหารด้วยผลคูณระหว่างจำนวนหน่วยงานย่อย (U) และสถานีงานย่อย (Bay) ซึ่งมีขั้นตอน ดังนี้

1. **เวลาการเข้าของโต๊ะงานที่สถานีงาน (นาที/โต๊ะงาน)**

เนื่องจากโต๊ะงานที่เข้ามาที่สถานีที่ i มีเวลาการเข้าและออกของโต๊ะงานมายังหน่วยงานย่อย (U) ไม่พร้อมกัน ดังนั้น การคำนวณเวลาการเข้าของโต๊ะงานที่สถานีงานจึงตั้งสมมติฐานให้โต๊ะงานที่เข้ามายังสถานีงานที่ i มีการเข้ามาอย่างสม่ำเสมอ และโต๊ะงานเริ่มเข้ามาที่หน่วยงานย่อย (U) ที่ 1 ที่เวลาศูนย์นาที และหน่วยงานย่อย (U) ที่ 2 และ 3 มีเวลาการเข้าของโต๊ะงานตามเวลาปกติที่เข้ามา ทั้งนี้การเข้ามาของโต๊ะงานที่สถานีที่ i ต้องรอโต๊ะงานที่มาจากสถานีที่ i-1 ถึงจะเริ่มทำงานได้ ดังนั้น เวลาการเข้าของโต๊ะงานที่สถานีงานก็คือ รอบเวลาการผลิตของสถานีงานก่อนหน้าคูณกับจำนวนหน่วยงานย่อย (U) ในสถานีงานลบด้วยหนึ่ง ดังรูปที่ 4.2 และดังสมการ (4.6)



รูปที่ 4.2 แสดงเวลาการเข้าของโต๊ะงานที่สถานีงาน

เวลาการเข้าของโต๊ะงานที่สถานีที่ i $= (N_U - 1)\, CT_{i-1}$ (4.6)

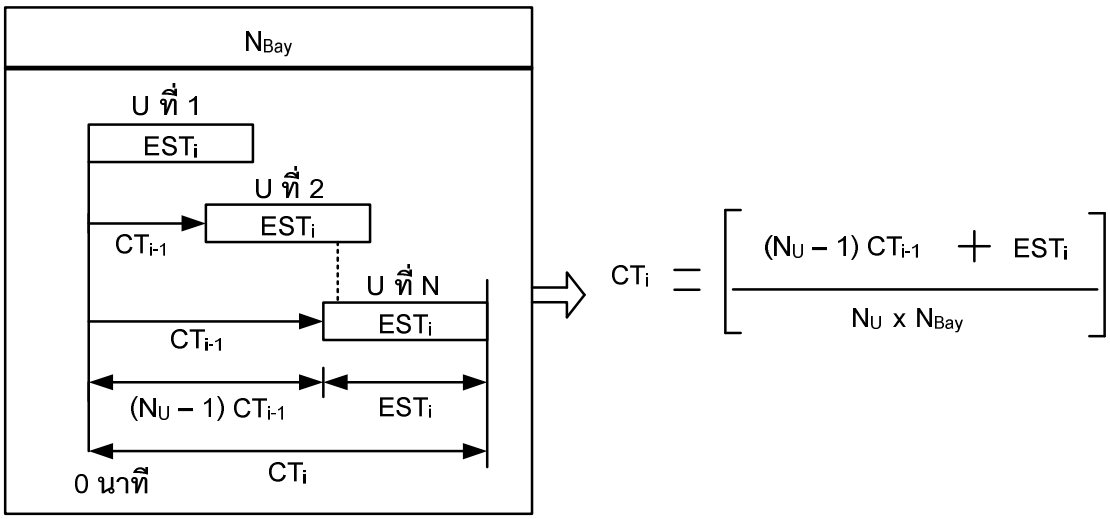
เมื่อ N_U = จำนวนหน่วยงานย่อย (U) ในสถานีงาน

CT_i = รอบเวลาการผลิตของสถานีที่ i (นาที/โต๊ะงาน)

i = สถานีที่ i (i = 1,2,…,9)

2. รอบเวลาการผลิตของสถานีงาน (Cycle time : CT) (นาที/โต๊ะงาน)

การคำนวณรอบเวลาการผลิตของสถานีงาน คำนวณได้จากเวลาการเข้ามาของโต๊ะงานที่สถานีงานบวกกับเวลามาตรฐานประเมิน แล้วนำค่าทั้งหมดมาหารด้วยผลคูณของจำนวนหน่วยงานย่อย (U) และสถานีงานย่อย (Bay) ของสถานีงานนั้น ดังรูปที่ 4.3 โดยทุกสถานีมีจำนวน Bay เท่ากับ 1 Bay เท่านั้น ยกเว้นสถานี Smoothening ที่มี 4 Bay ดังนั้นจึงต้องหารด้วยจำนวน Bay ในสถานีงานอีกครั้ง ดังสมการ (4.7)



รูปที่ 4.3 ขั้นตอนการคำนวณรอบเวลาการผลิตของสถานีงาน

เมื่อ CT_i = รอบเวลาการผลิตของสถานีที่ i (นาที/โต๊ะงาน)

N_U = จำนวนหน่วยงานย่อย (U) ในสถานีงาน (U)

EST_i = เวลามาตรฐานประเมินของสถานีที่ i (นาที/โต๊ะงาน)

i = สถานีที่ i (i = 1,2,…,9)

การคำนวณรอบเวลาการผลิตของทุกสถานีงาน ยกเว้นสถานี Curing ดังสมการ (4.7)

$$CT_i = \left[\frac{\left[\left(N_U - 1 \right) \times CT_{i-1} \right] + EST_i}{N_U \times N_{Bay}} \right] \quad (4.7)$$

นอกจากนี้ สถานี Curing (สถานีที่ 7) มีจำนวนหน่วยงานย่อย (U) มากกว่าจำนวนโต๊ะงาน จึงไม่จำเป็นที่จะต้องรอโต๊ะงานจากสถานีงานก่อนหน้า การคำนวณรอบเวลาการผลิตคำนวณจากเวลามาตรฐานประเมินหารด้วยจำนวนหน่วยงานย่อย (U) ดังสมการ (4.8)

$$CT_7 = \frac{EST_7}{N_U} \tag{4.8}$$

เมื่อทราบเวลาการผลิตของสถานีงาน จากนั้นคำนวณรอบเวลาการผลิตของกระบวนการผลิต ดังสมการ (4.9)

$$CT_p = \text{รอบเวลาการผลิตของสถานีงานที่มีค่าสูงสุด หรือ}$$
$$CT_p = \text{Maximun. } CT_i \tag{4.9}$$

เมื่อ CT_i = รอบเวลาการผลิตของสถานีที่ i (นาที/โต๊ะงาน)

CT_P = รอบเวลาการผลิตของกระบวนการผลิต (นาที/โต๊ะงาน)

N_U = จำนวนหน่วยงานย่อย (U) ในสถานีงาน (U)

EST_i = เวลามาตรฐานประเมินของสถานีที่ i (นาที/โต๊ะงาน)

N_{Bay} = จำนวนสถานีงานย่อย (Bay)

i = สถานีที่ i (i = 1,2,…,9)

4.1.3 สำรวจเวลาที่ใช้ของสถานีงานในปัจจุบัน

ในขั้นตอนนี้ สำรวจเวลาที่ใช้ในปัจจุบันและเวลาสูญเสียในแต่ละสถานีงาน ดังนี้

1. คำนวณรอบเวลาการผลิตของสถานีงาน โดยนำเวลาที่ใช้ของสถานีงานที่ได้จากการเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการบันทึกเวลาการหยุดและเคลื่อนที่ของโต๊ะงานระหว่างสถานีงานจนถึงขั้นตอนการผลิตสุดท้าย โดยระบบคอมพิวเตอร์มาหารด้วยจำนวนงานที่ทำ
2. คำนวณเวลาสูญเสียในแต่ละสถานีงาน โดยนำเวลาที่ใช้ของสถานีงานในปัจจุบัน ที่ได้จากข้อมูลระบบคอมพิวเตอร์ มาลบกับเวลามาตรฐานประเมินที่ได้จากการศึกษาเวลาการทำงาน และลบกับเวลาการเคลื่อนย้ายโต๊ะงานระหว่างสถานีงานอีกครั้ง

4.1.3.1 วิธีการคำนวณรอบเวลาการผลิตโดยอิงจากเวลาที่ใช้ในปัจจุบัน (Station lead time : SL) (นาที/โต๊ะงาน)

เวลาที่ใช้ในปัจจุบันได้จากการเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการบันทึกเวลาโดยระบบคอมพิวเตอร์ ซึ่งใน 1 วัน จะแบ่งช่วงการเก็บข้อมูลออกเป็น 4 ช่วง เฉพาะเวลาการทำงานเท่านั้นไม่รวมเวลาพัก ซึ่งจะนำข้อมูลที่เก็บได้ในแต่ละวันมาหาค่าเฉลี่ยเป็นเวลาที่ใช้ในปัจจุบันอีกครั้ง โดยแบ่งช่วงการเก็บข้อมูลของทุกสถานีเป็นดังนี้

ช่วงที่ 1 เวลา 8.00 – 12.00 น
ช่วงที่ 2 เวลา 13.00 – 16.00 น
ช่วงที่ 3 เวลา 20.00 – 24.00 น
ช่วงที่ 4 เวลา 2.00 – 6.00 น

การเก็บข้อมูลช่วงเวลาจะยกเว้นสถานีขัดผิวหน้าคอนกรีต (Smoothening) ที่จะเก็บข้อมูล 1 วันเต็ม เพราะสถานีนี้พนักงานทำงานตลอดเวลาและมีการหมุนเวียนพนักงานไปพักผ่อนตามเวลาพักงาน

ดังนั้น การคำนวณรอบเวลาการผลิตของสถานีงานและของกระบวนการผลิต ดังสมการ (4.10) และ (4.11) ตามลำดับ

$$CT_i = \frac{SL_i}{\text{จำนวนงานที่ทำ}} \qquad (4.10)$$

CT_p = รอบเวลาการผลิตของสถานีงานที่มีค่าสูงสุด หรือ

$$CT_p = \text{Maximun. } CT_i \qquad (4.11)$$

เมื่อ CT_i = รอบเวลาการผลิตของสถานีที่ i (นาที/โต๊ะงาน)

CT_P = รอบเวลาการผลิตของกระบวนการผลิต (นาที/โต๊ะงาน)

SL_i = เวลาที่ใช้ของสถานีที่ i (นาที)

i = สถานีที่ i (i = 1,2,…,9)

4.1.3.2 เวลาสูญเสียในแต่ละสถานีงาน (Waste time:) (นาที)

เนื่องจากการบันทึกข้อมูลด้วยระบบคอมพิวเตอร์จะไม่ทราบเวลาสูญเสียในแต่ละสถานีงาน ดังนั้น จึงนำเวลาที่ใช้ในแต่ละสถานีงานที่ได้จากระบบคอมพิวเตอร์มาลบกับเวลา

มาตรฐานประเมินที่ได้จากการศึกษาเวลา จากนั้นนำมาลบออกจากเวลาการเคลื่อนย้ายโต๊ะงานระหว่างสถานีงาน ดังสมการ (4.12)

$$\text{เวลาสูญเสียในแต่ละสถานีงาน} = SL_i - EST_i - TT_i \quad (4.12)$$

เมื่อ SL_i = เวลาที่ใช้ของสถานีที่ i (นาที)

EST_i = เวลามาตรฐานประเมินของสถานีที่ i (นาที/โต๊ะงาน)

TT_i = เวลาการเคลื่อนย้ายของโต๊ะงานระหว่างสถานี ภายในและภายนอกระบบรางเลื่อน (นาที)

i = สถานีที่ i (i = 1,2,…,9)

4.2 คำนวณกำลังการผลิตโดยอิงรอบเวลาการผลิตที่ประเมินจากเวลามาตรฐานประเมินและจากเวลาที่ใช้ในปัจจุบัน

ในขั้นตอนนี้ เมื่อทราบรอบเวลาการผลิตที่คำนวณได้จากเวลามาตรฐานประเมินและเวลาที่ใช้ในปัจจุบัน จากนั้นนำมาคำนวณกำลังการผลิตและประสิทธิภาพ ดังนี้

1. คำนวณอัตราการผลิตและกำลังการผลิต
2. คำนวณประสิทธิภาพระบบการผลิตของโรงงาน
3. คำนวณรอบเวลาการผลิตของกระบวนการผลิตตามเป้าหมายโรงงาน

4.2.1 การคำนวณกำลังการผลิต

ในขั้นตอนนี้ นำรอบเวลาการผลิตมาคำนวณอัตราการผลิตก่อน เพื่อนำไปคำนวณกำลังการผลิตต่อไป ดังนี้

1. อัตราการผลิต (Production rate : PR) (โต๊ะงาน/นาที)

อัตราการผลิตจะเป็นสัดส่วนผกผันกับรอบเวลาการผลิตของกระบวนการผลิต ดังสมการ (4.13) โดยรอบเวลาการผลิตของกระบวนการผลิตจะมีค่าเท่ากับรอบเวลาการผลิตของสถานีงานที่มีค่าสูงสุด

$$PR = \frac{1}{CT_p} \quad (4.13)$$

เมื่อ PR = อัตราการผลิต (โต๊ะงาน/นาที)

CT_P = รอบเวลาการผลิตของกระบวนการผลิต (นาที/โต๊ะงาน)

2. กำลังการผลิต (Capacity)

ในการวิจัยนี้ กำลังการผลิตแสดงในหน่ายโต๊ะงาน/เดือน และหลัง/เดือน ดังสมการ (4.14) และ (4.15) ตามลำดับ

$$\text{Capacity}_1 = \frac{1}{CT_p}\left[\frac{\text{โต๊ะงาน}}{\text{นาที}}\right] \times K\left[\frac{\text{ชั่วโมง}}{\text{เดือน}}\right] \times 60\left[\frac{\text{นาที}}{\text{ชั่วโมง}}\right] \quad (4.14)$$

$$\text{Capacity}_2 = \text{capacity}_1\left[\frac{\text{โต๊ะงาน}}{\text{เดือน}}\right] \times \frac{1}{11}\left[\frac{\text{หลัง}}{\text{โต๊ะงาน}}\right] \quad (4.15)$$

เมื่อ Capacity_1 = กำลังการผลิต (โต๊ะงาน/เดือน)

Capacity_2 = กำลังการผลิต (หลัง/เดือน)

CT_P = รอบเวลาการผลิตของกระบวนการผลิต (นาที/โต๊ะงาน)

K = จำนวนชั่วโมงการทำงาน 524 ชั่วโมงต่อเดือนโดยเฉลี่ย

อ้างอิง การผลิตบ้าน 1 หลังประกอบด้วย 11 โต๊ะงาน

4.2.2 คำนวณประสิทธิภาพระบบการผลิตของโรงงาน (%)

การคำนวณประสิทธิภาพระบบการผลิตของโรงงาน ดังสมการ (4.16)

$$\text{ประสิทธิภาพโรงงาน} = \frac{PR}{FDC} \times 100 \quad (4.16)$$

เมื่อ PR = อัตราการผลิต (หลัง/เดือน)

FDC = กำลังการผลิตตามการออกแบบโรงงาน (Factory Designed Capacity : FDC) (เท่ากับ 300 หลัง/เดือน)

อ้างอิง 100 % ของกำลังการผลิตตามการออกแบบโรงงานสูงสุดที่ 300 หลังต่อเดือน

4.2.3 คำนวณรอบเวลาการผลิตของกระบวนการผลิตตามเป้าหมายโรงงาน (Cycle time to target : CT_t) (นาที/โต๊ะงาน)

การคำนวณรอบเวลาการผลิตของกระบวนการผลิตตามเป้าหมายโรงงาน สามารถคำนวณได้ดังสมการ (4.17) เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับรอบเวลาการผลิตของสถานีงานที่ประเมินจากเวลามาตรฐานประเมินและจากเวลาที่ใช้ในปัจจุบัน

$$CT_t = \frac{1}{PR\ (target)}\left[\frac{\text{เดือน}}{\text{หลัง}}\right] \times K\left[\frac{\text{ชั่วโมง}}{\text{เดือน}}\right] \times 60\left[\frac{\text{นาที}}{\text{ชั่วโมง}}\right] \times \frac{1}{11}\left[\frac{\text{หลัง}}{\text{โต๊ะงาน}}\right] \quad (4.17)$$

เมื่อ CT_t = รอบเวลาการผลิตตามเป้าหมายโรงงาน (นาที/โต๊ะงาน)

$PR\ (target)$ = อัตรการผลิตตามเป้าหมายโรงงาน ที่ 80 % และ 100 % ผลิตบ้านได้ 240 และ 300 หลังต่อเดือน

K = จำนวนชั่วโมงการทำงาน คือ 524 ชั่วโมงต่อเดือนโดยเฉลี่ย

อ้างอิง การผลิตบ้าน 1 หลังประกอบด้วย 11 โต๊ะงาน

4.3 เปรียบเทียบรอบเวลาการผลิตที่ประเมินจากเวลามาตรฐานประเมินและจากเวลาที่ใช้ในปัจจุบัน

ในขั้นตอนนี้ เปรียบเทียบรอบเวลาการผลิตที่ประเมินจากเวลามาตรฐานประเมินและจากเวลาที่ใช้ในปัจจุบัน ดังนี้

1. เปรียบเทียบรอบเวลาการผลิตของสถานีงานที่ประเมินจากเวลามาตรฐานประเมินและจากเวลาที่ใช้ในปัจจุบัน
2. คำนวณประสิทธิภาพของสถานีงาน และของสายการผลิต จากนั้นเปรียบเทียบประสิทธิภาพที่ประเมินจากเวลามาตรฐานประเมินและจากเวลาที่ใช้ในปัจจุบัน
3. คำนวณค่าสัมประสิทธิของความผันแปรของสถานีงานที่ใช้เครื่องจักรและกระบวนการทางเคมีที่ประเมินจากเวลามาตรฐานประเมินและจากเวลาที่ใช้ในปัจจุบันของสถานีงาน และค่าสัมประสิทธิของความผันแปรของสถานีงานที่พนักงานทำงานที่ประเมินจากเวลามาตรฐานประเมินและจากเวลาที่ใช้ในปัจจุบัน

4.3.1 **การคำนวณประสิทธิภาพ** (Efficiency) (%)

ในขั้นตอนนี้ คำนวณหาประสิทธิภาพของแต่ละสถานีงานและประสิทธิภาพสายการผลิต โดยประสิทธิภาพของสถานีงาน คือ สัดส่วนร้อยละระหว่างรอบเวลาการผลิตของสถานีใดๆ ส่วนด้วยรอบเวลาการผลิตของสายการผลิต สำหรับประสิทธิภาพสายการผลิต คือ สัดส่วนร้อยละระหว่างผลรวมของเวลาที่ใช้ของสถานีงานต่างๆ หารด้วยผลคูณระหว่างรอบเวลาการผลิตและจำนวนสถานีงานของสายการผลิต ดังได้แสดงในสมการที่ 4.18 และ 4.19 ตามลำดับ และร้อยละของเวลาว่างของสถานีใดๆ และของสายการผลิต แสดงได้ดังสมการที่ 4.20 และ 4.21 ตามลำดับ

$$\text{ประสิทธิภาพของแต่ละสถานีงาน (\%)} = \frac{CT_i}{CT_p} \times 100 \qquad (4.18)$$

$$\text{ประสิทธิภาพของสายการผลิต (\%)} = \frac{\sum_{i=1}^{9} CT_i}{CT_p \times N_S} \times 100 \qquad (4.19)$$

$$\text{เวลาว่างของสถานีงานที่ i (\%)} = 100 - \text{ประสิทธิภาพของสถานีงานที่ i} \qquad (4.20)$$

$$\text{เวลาว่างของสายการผลิต (\%)} = 100 - \text{ประสิทธิภาพของแต่ละสถานีงาน} \qquad (4.21)$$

เมื่อ CT_p = รอบเวลาการผลิตของกระบวนการผลิต (นาที/โต๊ะงาน)

CT_i = รอบเวลาการผลิตของสถานีที่ i (นาที/โต๊ะงาน)

$\sum_{i=1}^{9} CT_i$ = ผลรวมของรอบเวลาการผลิตของสถานีที่ 1 ถึง 9 (นาที)

N_S = จำนวนสถานีงาน (สถานีงาน)

i = สถานีที่ i (i = 1,2,…,9)

4.3.2 **คำนวณค่าสัมประสิทธิของความผันแปร** (Coefficient of variation : CV) (%)

ในขั้นตอนนี้คำนวณค่าสัมประสิทธิของความผันแปร ซึ่งเป็นข้อมูลที่ช่วยให้เงื่อนไขในการตัดสินใจง่ายขึ้น ด้วยการบอกถึงความผันแปรและความแน่นอนของผลลัพธ์ที่ได้ โดยได้แบ่งการคำนวณค่าสัมประสิทธิของความผันแปรออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

1. การคำนวณค่าสัมประสิทธิของความผันแปรของสถานีงานที่ใช้เครื่องจักรและกระบวนการทางเคมี ได้แก่ (1) สถานีกำหนดตำแหน่งอุปกรณ์ (Plottering) (2) สถานี

เทคอนกรีต (Casting) (3) สถานีขัดผิวหน้าคอนกรีต (Smoothening) และ (4) สถานีบ่มคอนกรีต (Curing) ที่ประเมินจากเวลามาตรฐานประเมินและเวลาที่ใช้ในปัจจุบัน

2. การคำนวณค่าสัมประสิทธิของความผันแปรของสถานีงานที่พนักงานทำงาน ได้แก่ (1) สถานีวางแบบกั้นข้าง (Shuttering) (2) สถานีติดตั้งอุปกรณ์ (Insert) (3) สถานีวางโครงเหล็กเสริมความแข็งแรง (Reinforcement) (4) สถานีถอดแบบ (Removing) และ (5) สถานียกชิ้นงานเก็บ (Tilting) ที่ประเมินจากเวลามาตรฐานประเมินและเวลาที่ใช้ในปัจจุบัน

ซึ่งถ้าค่าสัมประสิทธิของความผันแปรที่ได้มีค่าน้อย แสดงว่าข้อมูลที่ได้มีความผันแปรน้อย และความแน่นอน ส่งผลกระทบต่อการผลิตน้อยกว่าค่าสัมประสิทธิของความผันแปรที่ได้มีค่ามาก การคำนวณค่าสัมประสิทธิของความผันแปร ดังสมการ (4.22)

$$CV_i = \frac{SD_i}{mean_i} \times 100 \qquad (4.22)$$

เมื่อ CV_i = ค่าสัมประสิทธิของความผันแปร (%)

SD_i = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของสถานีที่ i

$mean_i$ = ค่าเฉลี่ยของข้อมูลเวลาการผลิตของสถานีที่ i

i = สถานีที่ i (i = 1,2,…,9)

4.4 การปรับปรุงเพื่อเพิ่มอัตราการผลิต

ขั้นตอนนี้ทำการปรับปรุงกระบวนการผลิตโดยกำจัดเวลาสูญเปล่าที่เกิดขึ้น เพื่อลดรอบเวลาการผลิตและเพิ่มอัตราการผลิต ดังนี้

4.4.1 วิเคราะห์หาสาเหตุความล่าช้าของกระบวนการผลิตก่อนการปรับปรุง

ในขั้นตอนนี้ วิเคราะห์หาสาเหตุความล่าช้าของกระบวนการผลิตก่อนการปรับปรุง ที่ส่งผลให้เกิดความไม่สมดุลในสายการผลิต

4.4.2 นำเสนอและประยุกต์แนวทางการปรับปรุง

ในขั้นตอนนี้ นำเสนอและประยุกต์แนวทางการปรับปรุง เพื่อให้ได้ตามเป้าหมายที่ผู้บริหารตั้งไว้ที่ร้อยละ 80 ของกำลังการผลิตตามการออกแบบโรงงาน โดยการปรับปรุงขั้นตอนการผลิตที่ทำให้เกิดความล่าช้า ดังนี้

1. ปรับปรุงวิธีการทำงาน เพื่อลดเวลาสูญเปล่าของพนักงาน
2. จัดสมดุลในสายการผลิต โดยให้รอบเวลาการผลิตในแต่ละสถานีงานใกล้เคียงกัน ด้วยการปรับภาระงานให้เท่ากัน

โดยมีแผนการปรับปรุง โดยการลดรอบเวลาการผลิต คือ ปรับลดรอบเวลาการผลิตของกระบวนการผลิตที่อิงจากเวลาที่ใช้ในปัจจุบันให้เท่ากับที่อิงจากเวลามาตรฐานประเมิน เพื่อลดเวลาสถานีคอขวด

4.4.3 เปรียบเทียบรอบเวลาการผลิตและอัตราการผลิตก่อนและหลังการปรับปรุง

ในขั้นตอนนี้ เปรียบเทียบผลของรอบเวลาการผลิตและอัตราการผลิตที่อิงจากเวลาที่ใช้ในปัจจุบันก่อนและหลังการปรับปรุง รวมถึงการพิจารณาระดับชั่วโมงการทำงานต่อเดือน สูงสุด โดยเฉลี่ย และต่ำสุด ของกำลังการผลิตและรอบเวลาการผลิต เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาให้บรรลุเป้าหมายในอนาคต

4.5 สรุป

จากการศึกษาการทำงานก่อนการปรับปรุง เพื่อคำนวณรอบเวลาการผลิตและกำลังการผลิตที่อิงเวลามาตรฐานประเมินและเวลาที่ใช้ในปัจจุบัน จากนั้นปรับปรุงกระบวนการผลิตโดยการลดรอบเวลาการผลิต และเปรียบเทียบผลการศึกษาก่อนและหลังการปรับปรุง จึงสามารถสรุปวิธีการดำเนินงาน ดังนี้

4.5.1 ศึกษารอบเวลาการผลิตของแต่ละสถานีงาน และของกระบวนการผลิตก่อนการปรับปรุง

จากรูปที่ 4.4 ขั้นตอนการศึกษารอบเวลาการผลิตได้แบ่งขั้นตอนการทำงานหลักๆ เป็น 2 ขั้นตอน ได้แก่ เก็บรวบรวมข้อมูลการบันทึกเวลาการทำงานและคำนวณรอบเวลาการผลิต ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 เก็บรวบรวมข้อมูลการบันทึกเวลาการทำงาน

การศึกษาเวลาการทำงานก่อนปรับปรุง มีการเก็บรวบรวมข้อมูลการบันทึกเวลาการทำงาน จาก 2 ส่วนด้วยกัน คือ

1. การศึกษาเวลาการทำงานด้วยการประเมินเวลามาตรฐาน ด้วยการบันทึกเวลาการทำงานของแต่ละสถานีงานด้วยกล้องถ่ายวีดีโอ เวลาที่ประเมินได้ คือ เวลาการทำงานพื้นฐาน (BT) เวลาสูญเปล่าในระหว่างการทำงาน (ID) เวลารอเพื่อส่งมอบสถานีถัดไป (WT) และเวลาเคลื่อนย้ายของโต๊ะงานระหว่างสถานีในระบบรางเลื่อน (IT)
2. สำรวจเวลาที่ใช้ของสถานีงานในปัจจุบัน ด้วยการรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการบันทึกเวลาการหยุดและเคลื่อนที่ของโต๊ะงานระหว่างสถานีงานจนถึงขั้นตอนการผลิตสุดท้าย โดยระบบคอมพิวเตอร์ เวลาที่ประเมินได้ คือ เวลาเคลื่อนย้ายของโต๊ะงานระหว่างสถานีนอกระบบรางเลื่อน (ET) และเวลาที่ใช้ของสถานีงาน (SL)

ขั้นตอนที่ 2 คำนวณรอบเวลาการผลิต

เมื่อได้ข้อมูลเวลาการทำงาน นำมาคำนวณรอบเวลาการผลิต โดยแบ่งเป็น 2 ส่วนดังนี้

1. รอบเวลาการผลิตที่ประเมินจากเวลามาตรฐานประเมิน สามารถคำนวณได้จากการประเมินค่าเวลาเผื่อของพนักงานบวกกับเวลาการทำงานพื้นฐาน จะได้เวลามาตรฐานประเมิน จากนั้นนำมาคำนวณรอบเวลาการผลิต ด้วยการนำเวลาการเข้าของโต๊ะงานที่สถานีงานมาบวกกับเวลามาตรฐานประเมิน แล้วหารด้วยผลคูณของจำนวนหน่วยงานย่อย (U) และจำนวน Bay จากนั้นคำนวณรอบเวลาการผลิตของกระบวนการผลิตที่มีค่าเท่ากับรอบเวลาการผลิตของสถานีงานที่มีค่าสูงสุด
2. รอบเวลาการผลิตที่ประเมินจากเวลาที่ใช้ในปัจจุบัน คำนวณได้จากเวลาที่ใช้ของสถานีงานหารด้วยจำนวนงานที่ทำ และคำนวณรอบเวลาการผลิตของกระบวนการผลิตที่มีค่าเท่ากับรอบเวลาการผลิตของสถานีงานที่มีค่าสูงสุด

4.5.2 คำนวณกำลังการผลิตโดยอิงรอบเวลาการผลิตที่ประเมินจากเวลามาตรฐานประเมินและจากเวลาที่ใช้ในปัจจุบัน

จากรูปที่ 4.5 การคำนวณกำลังการผลิตหรืออัตราการผลิต และประสิทธิภาพระบบการผลิตของโรงงาน โดยอัตราการผลิตเป็นส่วนผกผันกับรอบเวลาการผลิต และนำอัตราการผลิตมาคำนวณประสิทธิภาพระบบการผลิตของโรงงาน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 คำนวณกำลังการผลิต

การคำนวณอัตราการผลิต หรือกำลังการผลิตโดยอิงรอบเวลาการผลิตที่ประเมินจากเวลามาตรฐานประเมินและจากเวลาที่ใช้ในปัจจุบัน ใช้สูตรในการคำนวณเหมือนกันคือ กำลังการผลิตในหน่วย โต๊ะงาน/เดือน คำนวณจากเวลาการทำงาน 31,440 นาที/เดือน (524 ชั่วโมง/เดือน x 60 นาที/ชั่วโมง) หารด้วยรอบเวลาการผลิตของกระบวนการผลิต และกำลังการผลิต ในหน่วย หลัง/เดือน คำนวณจากเวลาการทำงาน 31,440 นาที/เดือน หารด้วยจำนวน 11 โต๊ะงาน และหารด้วยรอบเวลาการผลิตของกระบวนการผลิตอีกครั้ง

ขั้นตอนที่ 2 คำนวณประสิทธิภาพระบบการผลิตของโรงงาน

การคำนวณประสิทธิภาพระบบการผลิตของโรงงานโดยอิงอัตราการผลิตที่ประเมินจากเวลามาตรฐานประเมินและจากเวลาที่ใช้ในปัจจุบัน ใช้สูตรในการคำนวณเหมือนกันคือ อัตราการผลิต หารด้วยกำลังการผลิตตามการออกแบบโรงงาน แล้วคูณด้วย 100

4.5.3 การปรับปรุงเพื่อเพิ่มอัตราการผลิต

จากรูปที่ 4.6 ขั้นตอนการปรับปรุงเพื่อเพิ่มอัตราการผลิต ด้วยการวิเคราะห์หาสาเหตุความล่าช้าของกระบวนการผลิต นำเสนอและประยุกต์แนวทางการปรับปรุง และเปรียบเทียบผลการปรับปรุง ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 วิเคราะห์หาสาเหตุความล่าช้าของกระบวนการผลิต

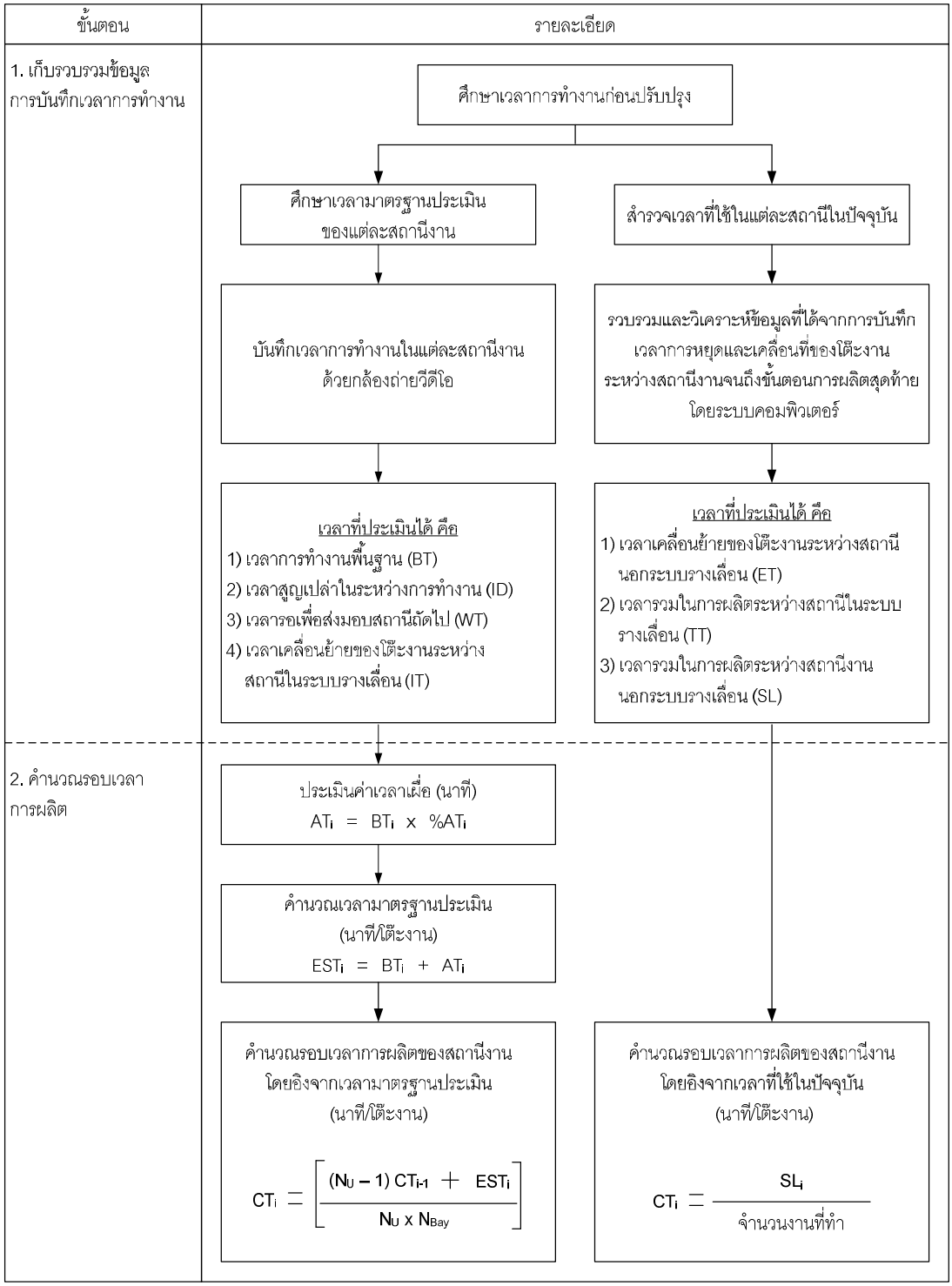
การวิเคราะห์หาสาเหตุความล่าช้าของกระบวนการผลิต โดยพิจารณาจากการทำงานหลักเปรียบเทียบกับการทำงานในปัจจุบัน ส่วนที่เหลือคือความสูญเปล่าที่ต้องกำจัดออก

ขั้นตอนที่ 2 นำเสนอและประยุกต์แนวทางการปรับปรุง

นำเสนอและประยุกต์แนวทางการปรับปรุง โดยวิธีการปรับปรุงคือ ปรับปรุงวิธีการทำงานและจัดสมดุลสายการผลิต ซึ่งมีแผนการปรับปรุง คือ ปรับลดรอบเวลาการผลิตของกระบวนการผลิตที่อิงจากเวลาที่ใช้ในปัจจุบันให้เท่ากับที่อิงจากเวลามาตรฐานประเมิน

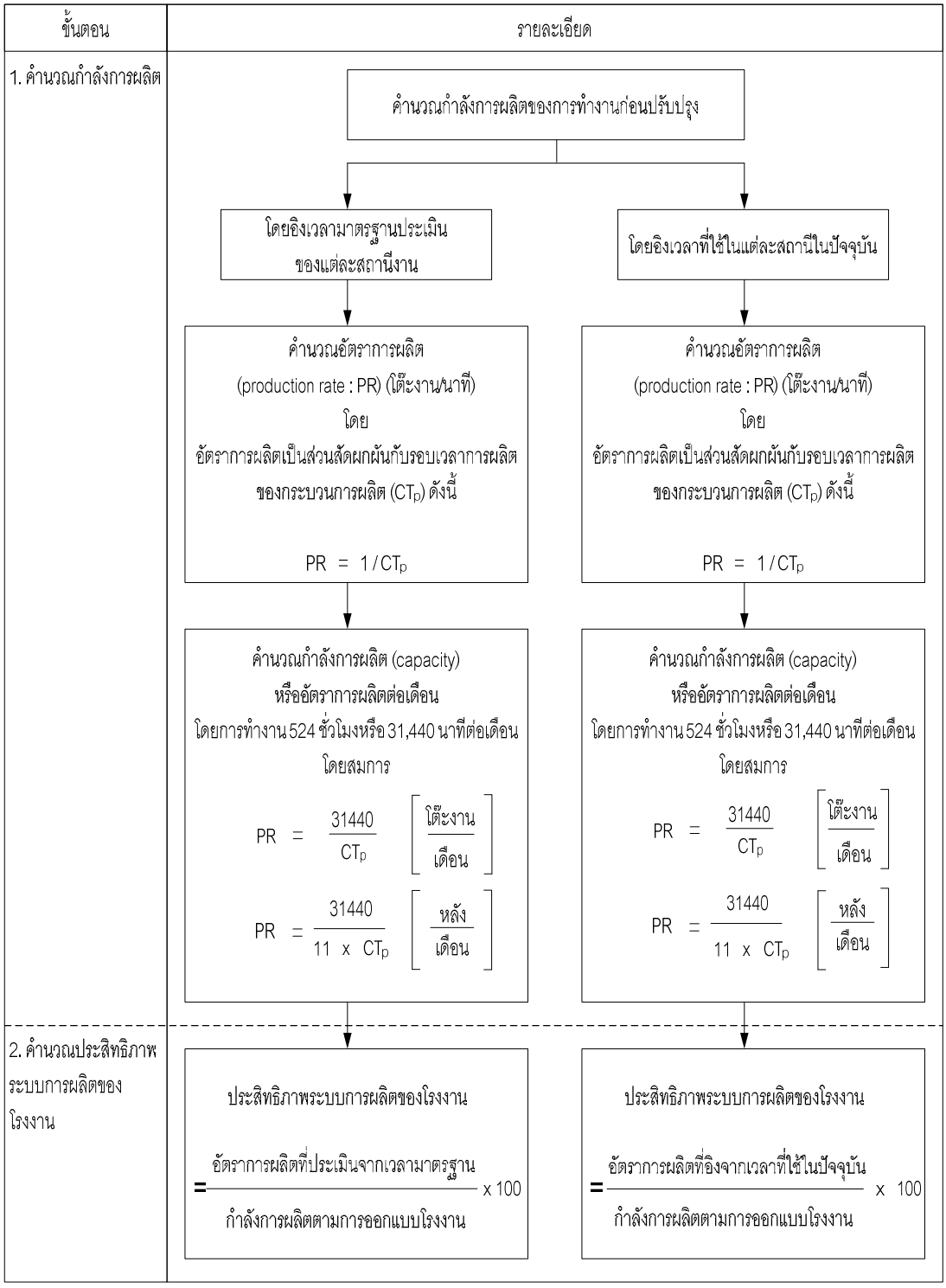
ขั้นตอนที่ 3 เปรียบเทียบผลการปรับปรุง

เปรียบเทียบผลของรอบเวลาการผลิตและอัตราการผลิตก่อนและหลังการปรับปรุง และเสนอแนวทางในการปรับปรุงในอนาคต เพื่อให้ได้ตามเป้าหมายโรงงาน



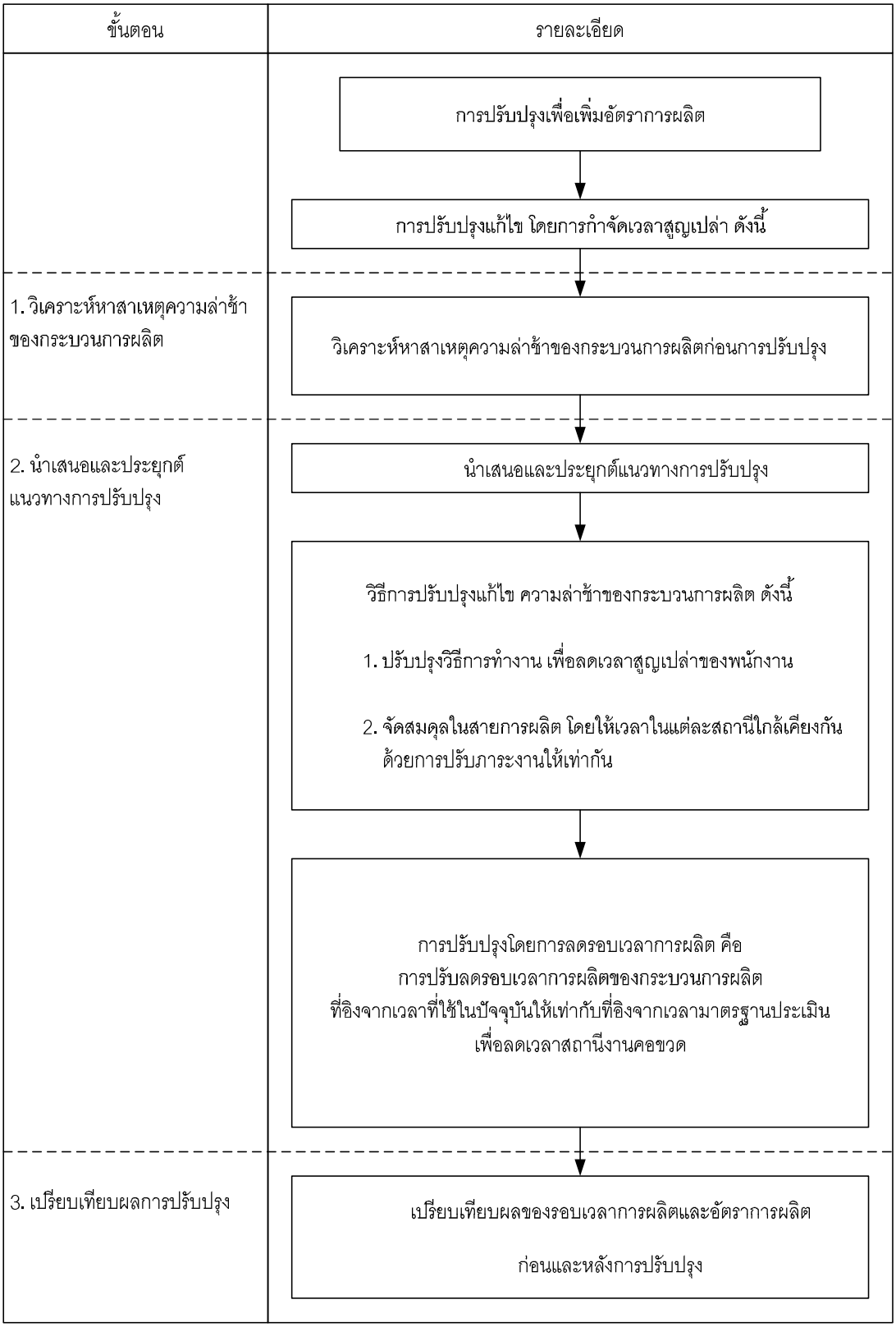
รูปที่ 4.4 ขั้นตอนการศึกษารอบเวลาการผลิตของสถานีงาน

และกระบวนการผลิตก่อนการปรับปรุง



รูปที่ 4.5 ขั้นตอนการคำนวณกำลังการผลิตโดยอิงรอบเวลาการผลิตที่ประเมิน

จากเวลามาตรฐานประเมินและจากเวลาที่ใช้ในการผลิต



รูปที่ 4.6 ขั้นตอนการปรับปรุง เพื่อเพิ่มอัตราการผลิต

บทที่ 5
ผลการดำเนินงานวิจัย

ในบทนี้จะกล่าวถึง ผลการวิเคราะห์กำลังการผลิตและขั้นตอนที่ทำให้เกิดความล่าช้า การนำเสนอและประยุกต์แนวทางการปรับปรุง และผลการปรับปรุง ซึ่งแบ่งออกเป็นหัวข้อ ดังนี้

5.1 ผลการศึกษารอบเวลาการผลิตก่อนการปรับปรุง
  5.1.1 ผลการศึกษาเวลาการทำงาน
  5.1.2 ผลการศึกษาเวลามาตรฐานประเมินของสถานีงาน
  5.1.3 ผลการสำรวจเวลาที่ใช้ของสถานีงานในปัจจุบัน
5.2 ผลการคำนวณกำลังการผลิตโดยอิงรอบเวลาการผลิตที่ประเมินจากเวลามาตรฐานประเมิน และจากเวลาที่ใช้ในปัจจุบัน
5.3 ผลการเปรียบเทียบรอบเวลาการผลิตและกำลังการผลิตที่ประเมินจากเวลามาตรฐานประเมินและจากเวลาที่ใช้ในปัจจุบัน
5.4 ผลการปรับปรุง
  5.4.1 ผลการวิเคราะห์หาสาเหตุความล่าช้าของกระบวนการผลิตก่อนการปรับปรุง
  5.4.2 ผลการนำเสนอและประยุกต์แนวทางการปรับปรุง
  5.4.3 ผลการเปรียบเทียบรอบเวลาการผลิตและอัตราการผลิตก่อนและหลังการปรับปรุง
5.5 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อระยะเวลาการทำงานของสถานีงาน

5.1 ผลการศึกษารอบเวลาการผลิตก่อนการปรับปรุง

ผลการศึกษาเวลาการทำงานด้วยการบันทึกเวลาจากวีดีโอและรวบรวมข้อมูลจากระบบคอมพิวเตอร์ นำมาคำนวณรอบเวลาการผลิตก่อนการปรับปรุง ได้ผลการศึกษาดังนี้

5.1.1 ผลการศึกษาเวลาการทำงาน

จากตารางที่ 5.1 ผลการศึกษาเวลาการทำงานในสถานีงาน ประกอบด้วย (1) Basic Time (BT) หรือเวลาการทำงานพื้นฐาน (2) Idle Time (ID) หรือ เวลาสูญเปล่าในระหว่างการทำงาน (3) Waiting Time (WT) หรือ เวลารอเพื่อส่งมอบไปยังสถานีถัดไป (4) Internal Transport Time (IT) หรือ เวลาเคลื่อนย้ายของโต๊ะงานระหว่างสถานีในระบบรางเลื่อน และ (5) External

Transport Time (ET) หรือ เวลาเคลื่อนย้ายของโต๊ะงานระหว่างสถานีนอกระบบรางเลื่อน ทำให้สามารถหาค่า Station Lead Time (SL) หรือ เวลาที่ใช้ของสถานีงานได้ โดยมีค่าเท่ากับผลรวมของเวลาต่างๆ ข้างต้น เมื่อนำเวลาที่ศึกษามาเปรียบเทียบกับเวลารวมทั้งหมด พบว่า เวลาการทำงานพื้นฐาน (Basic Time : BT) คิดเป็น 63.5 % ของเวลาทั้งหมด เวลาสูญเปล่าในระหว่างการทำงาน (Idle Time : ID) คิดเป็น 3.3 % ของเวลาทั้งหมด เวลารอเพื่อส่งมอบไปยังสถานีถัดไป (Waiting Time : WT) คิดเป็น 31.0 % ของเวลาทั้งหมด และเวลาการเคลื่อนย้ายโต๊ะงานระหว่างสถานีในระบบ (Internal Transport Time : IT) และนอกระบบรางเลื่อน (External Transport Time : ET) คิดเป็น 0.7 % และ 1.5 % ตามลำดับ ของเวลาทั้งหมด

โดยเวลาการทำงานพื้นฐาน คำนวณได้จากผลรวมของเวลาการทำงานย่อยในสถานีงานนั้นๆ (ภาคผนวก ก) โดยเวลาที่ศึกษาได้จากวีดีโอของสถานีงานและงายย่อยหลัก ทั้ง 9 สถานีงาน แสดงความสัมพันธ์ ดังรูปที่ 5.1-5.9 ทั้งนี้จากการศึกษางานย่อยยังทำให้ทราบปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อเวลาการทำงานของแต่ละสถานีที่ทำให้เวลาการผลิตในสถานีงานนั้นนาน และการบันทึกเวลาจะคำนวณจากการทำงาน 1 ชิ้นเท่านั้น มีหน่วยเป็น นาที โดยใช้สี่เหลี่ยมแสดงงานย่อยที่ต้องทำ ลูกศรแสดงลำดับก่อนหลังของงาน และแสดงเวลาที่งานแต่ละงานต้องใช้ที่ด้านล่างสี่เหลี่ยมของงานนั้นๆ

รูปที่ 5.1 ขั้นตอนและเวลาการทำงานของสถานี Cleaning และ Plottering งานย่อย ได้แก่ การทำความสะอาด และวาดรูปชิ้นงานลงบนโต๊ะงาน

รูปที่ 5.2 ขั้นตอนและเวลาการทำงานของสถานี Shuttering เวลาการทำงานพิจารณาจากพนักงานไปหยิบแบบกั้นข้างจากคลังเก็บจากนั้นมาวางไว้บนโต๊ะงานตามแบบที่วาดไว้ และการตอกหมุดยึดกับโต๊ะงาน ซึ่งพบว่าระยะทางจากคลังเก็บแบบกั้นข้างถึงโต๊ะงานของแบบบ้านชั้นบนจะไกลกว่าของบ้านชั้นล่าง ดังนั้นงานย่อย ได้แก่ การวางแบบกั้นข้าง และตอกหมุดบนแบบกั้นข้างยึดกับโต๊ะงาน และปัจจัยที่มีผลต่อเวลาการทำงาน ได้แก่ การวางแบบกั้นข้าง

รูปที่ 5.3 ขั้นตอนและเวลาการทำงานของสถานี Insert งานย่อยแบ่งเป็น งานย่อยที่ทุกแบบบ้านต้องติดตั้งทุกแบบของอุปกรณ์ และติดตั้งบางแบบบ้าน โดยงานที่ต้องติดตั้งทุกแบบบ้าน ได้แก่ อุปกรณ์เล็กและแท่งไนลอน สำหรับงานย่อยที่ติดตั้งในบางแบบบ้าน ได้แก่ ชุดอุปกรณ์ และท่อสายไฟ และปัจจัยที่มีผลต่อเวลาการทำงาน ได้แก่ การติดตั้งชุดอุปกรณ์

รูปที่ 5.4 ขั้นตอนและเวลาการทำงานของสถานี Reinforcement งานย่อย ได้แก่ การวางเหล็กเสริมและการผูกเหล็กเส้น และยังเป็นปัจจัยที่มีผลต่อเวลาการทำงาน

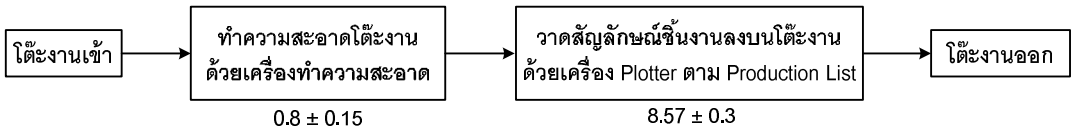
รูปที่ 5.5 ขั้นตอนและเวลาการทำงานของสถานี Casting งานย่อย ได้แก่ การเทคอนกรีตลงบนโต๊ะงาน และปัจจัยที่มีผลต่อเวลาการทำงาน ได้แก่ ระยะเวลาการแข็งตัวของคอนกรีต

รูปที่ 5.6 ขั้นตอนและเวลาการทำงานของสถานี Casting และ Smoothening กล่าวคือ เมื่อเทคอนกรีตจากสถานี Casting เสร็จ จากนั้นโต๊ะงานจะเคลื่อนมายังสถานี Smoothening เมื่อคอนกรีตแข็งตัวได้ระดับที่ต้องการจึงขัดผิวหน้าให้เรียบ ลงใบพัด ลงฟองน้ำ และทำความสะอาด และปัจจัยที่มีผลต่อเวลาการทำงาน ได้แก่ การรอการแข็งตัวของคอนกรีต ลงใบพัด ลงฟองน้ำ และทำความสะอาด

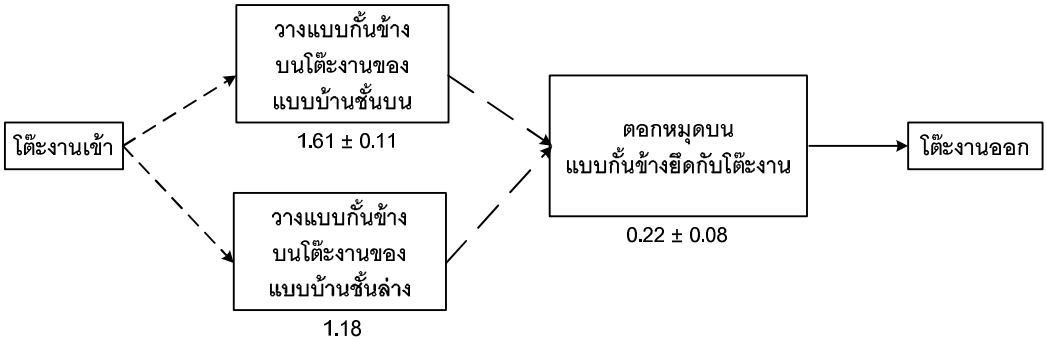
รูปที่ 5.7 ขั้นตอนและเวลาการทำงานของสถานี Curing งานย่อย ได้แก่ การบ่มคอนกรีต และยังเป็นปัจจัยที่มีผลต่อเวลาการทำงาน

รูปที่ 5.8 ขั้นตอนและเวลาการทำงานของสถานี Removing งานย่อย ได้แก่ การถอดแบบกั้นข้าง และการถอดอุปกรณ์ภายนอกแผ่นชิ้นงาน และปัจจัยที่มีผลต่อเวลาการทำงาน ได้แก่ การถอดแบบกั้นข้าง

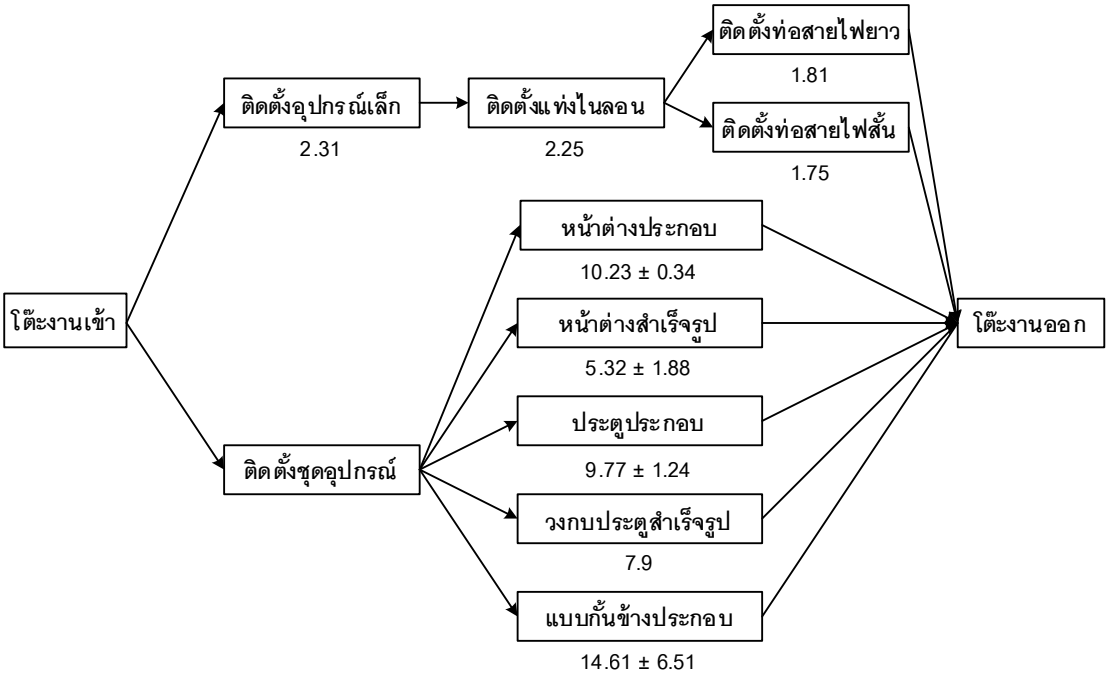
รูปที่ 5.9 ขั้นตอนและเวลาการทำงานของสถานี Tilting งานย่อย ได้แก่ การยกแผ่นชิ้นงานออกจากโต๊ะงาน การยกชิ้นงานวางใน Rack และการวางชิ้นงานใน Rack ดังนั้น ปัจจัยที่มีผลต่อเวลาการทำงาน ได้แก่ จำวนวนแผ่นบนโต๊ะงาน



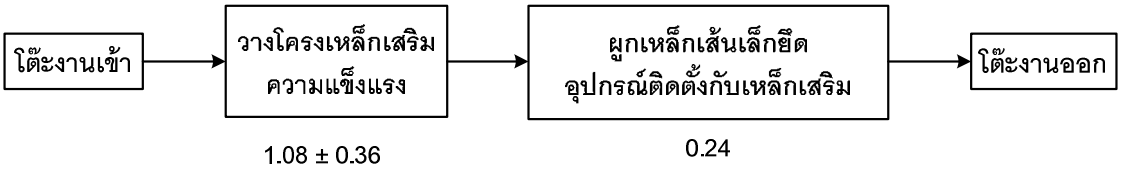
รูปที่ 5.1 ขั้นตอนและเวลาการทำงานของสถานี Cleaning และPlottering



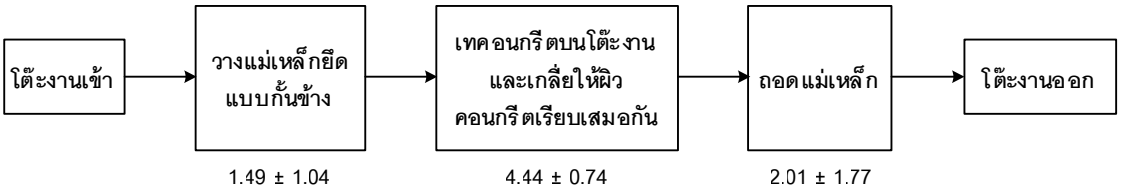
รูปที่ 5.2 ขั้นตอนและเวลาการทำงานของสถานี Shuttering



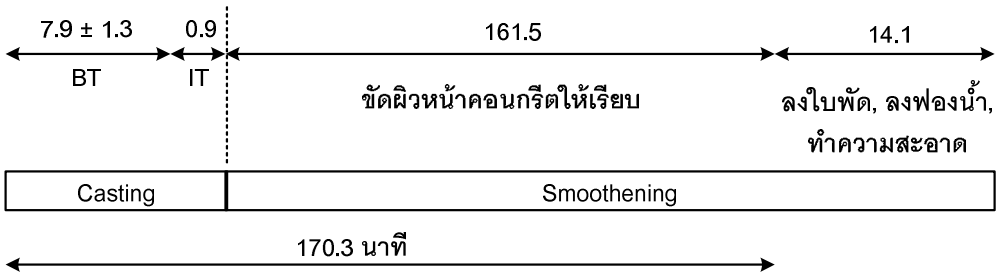
รูปที่ 5.3 ขั้นตอนและเวลาการทำงานของสถานี Insert



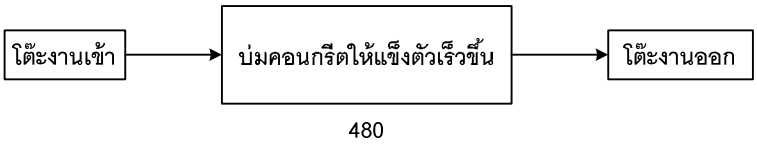
รูปที่ 5.4 ขั้นตอนและเวลาการทำงานของสถานี Reinforcement



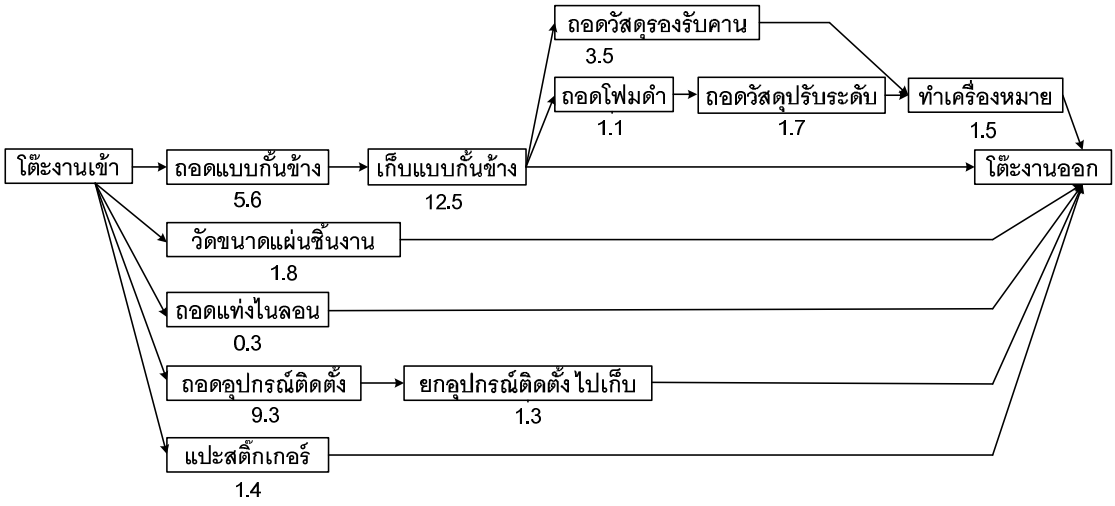
รูปที่ 5.5 ขั้นตอนและเวลาการทำงานของสถานี Casting



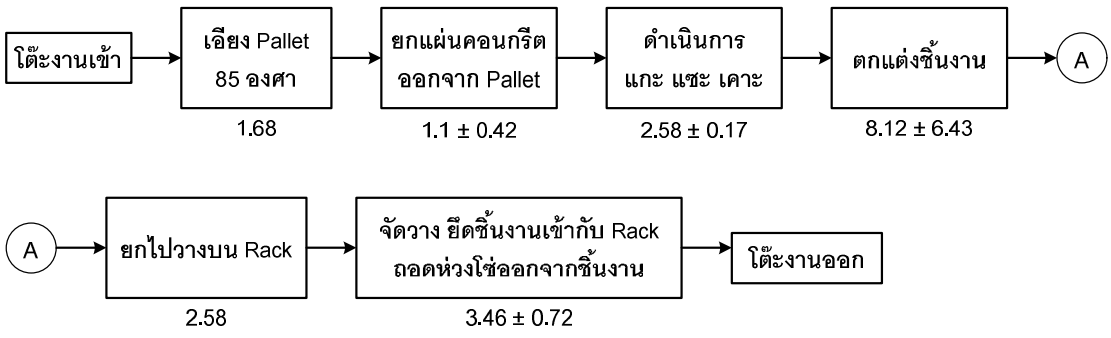
รูปที่ 5.6 ขั้นตอนและเวลาการทำงานของสถานี Casting และ Smoothening



รูปที่ 5.7 ขั้นตอนและเวลาการทำงานของสถานี Curing



รูปที่ 5.8 ขั้นตอนและเวลาการทำงานของสถานี Removing



รูปที่ 5.9 ขั้นตอนและเวลาการทำงานของสถานี Tilting

ตารางที่ 5.1 ผลการศึกษาเวลาการทำงานในสถานีงาน

รหัส	ตัวแปร	หน่วย	สถานีงาน									
			1		2		3		4		5	
			Plottering		Shuttering		Insert		Reinforcement		Casting	
	จำนวนคน	คน	1		6		6		9		6	
	จำนวน Bay	Bay	1		1		1		1		1	
	จำนวน U/Bay	U/Bay	1		3		3		3		3	
BT	1) Basic Time	นาที	8.6 ± 0.3	80.0%	10.2 ± 3.8	43.9%	12.3 ± 3.6	38.5%	15.3 ± 2.5	76.7%	7.9 ± 1.3	25.2%
ID	2) Idle Time	นาที		0.0%	5.1 ± 1.9	21.9%	5.2 ± 2.9	16.2%	3.1 ± 4.9	15.6%	14.6 ± 4.2	46.4%
WT	3) Waiting Time	นาที	0.9 ± 1.4	8.8%	5.4 ± 2.7	23.3%	13.3 ± 11.4	41.9%	0.5 ± 0.4	2.3%	4.4 ± 3.2	13.9%
IT	4) Internal Transport Time	นาที		0.0%		0.0%	1.1 ± 0.0	3.4%	1.1 ± 0.0	5.4%	0.9 ± 0.0	2.8%
ET	5) External Transport Time	นาที	1.2 ± 0.1	11.2%	2.5 ± 0.9	10.9%		0.0%		0.0%	3.7 ± 0.6	11.6%
SL	6) Station Lead-time	นาที	10.7 ± 1.2	100.0%	23.2 ± 5.8	100.0%	31.9 ± 14.4	100.0%	20.0 ± 6.2	100.0%	31.5 ± 1.4	100.0%

รหัส	ตัวแปร	หน่วย	สถานีงาน								ผลรวม	% ของเวลาเทียบกับเวลารวม
			6		7		8		9			
			Smoothening		Curing		Removing		Tilting			
	จำนวนคน	คน	20		1		8		7			
	จำนวน Bay	Bay	4		1		1		1			
	จำนวน U/Bay	U/Bay	4		95		1		2			
BT	1) Basic Time	นาที	161.5 ± 0.5	91.1%	480.0 ± 0.0	66.0%	7.9 ± 1.1	9.9%	9.8 ± 1.0	44.5%	714.2	63.5%
ID	2) Idle Time	นาที		0.0%		0.0%	0.7 ± 0.7	0.9%	7.9 ± 9.4	35.9%	36.6	3.3%
WT	3) Waiting Time	นาที	11.6 ± 17.8	6.6%	244.0 ± 24.8	33.6%	68.5 ± 11.0	86.3%		0.0%	348.7	31.0%
IT	4) Internal Transport Time	นาที	1.1 ± 0.0	0.6%	1.0 ± 0.0	0.1%	1.6 ± 0.0	2.1%	0.9 ± 0.0	4.2%	8.3	0.7%
ET	5) External Transport Time	นาที	3.1 ± 2.7	1.7%	2.1 ± 0.3	0.3%	0.6 ± 0.0	0.7%	3.4 ± 1.9	15.4%	16.5	1.5%
SL	6) Station Lead-time	นาที	177.3 ± 20.5	100.0%	727.1 ± 24.5	100.0%	79.3 ± 10.2	100.0%	21.9 ± 9.2	100.0%	1124.0	100.0%

5.1.2 ผลการศึกษาเวลามาตรฐานประเมินของสถานีงาน

การคำนวณเวลามาตรฐานประเมิน หาได้จากเวลาการทำงานพื้นฐานและเวลาเผื่อ (ภาพผนวก ข) จากการศึกษาเวลาด้วยการบันทึกเวลาด้วยกล้องถ่ายวีดีโอ จากนั้นนำมาประเมินเวลามาตรฐานและรอบเวลาการผลิตของสถานีงาน

จากตารางที่ 5.2 แสดงการประเมินเวลามาตรฐานในสถานีงาน การหาเวลามาตรฐานประเมิน เพื่อให้ทราบเวลามาตรฐานที่โรงงานควรเป็น คำนวณได้จากพบว่า สถานีงานที่ใช้เวลาในการทำงานสูงสุด คือ สถานี Curing โดยใช้เวลา 480 นาที รองลงมาคือ สถานี Smoothening ใช้เวลา 161.5 นาที และสถานีที่ใช้เวลาน้อยที่สุด คือ สถานี Plottering ใช้เวลา 8.6 นาที ซึ่งในแต่ละสถานีมีเวลาการทำงานที่แตกต่างกันมาก

จากตารางที่ 5.3 แสดงรอบเวลาการผลิตของสถานีโดยประเมินจากเวลามาตรฐานประเมิน พบว่า สถานี Reinforcement มีรอบเวลาในการผลิตสูงสุด เท่ากับ 13.3 นาที/โต๊ะงาน ส่งผลให้รอบเวลาการผลิตของกระบวนการผลิตมีค่าเท่ากับ 13.3 นาที/โต๊ะงาน และสถานี Curing มีรอบเวลาในการผลิตต่ำสุด เท่ากับ 5.1 นาที

จากตารางที่ 5.4 แสดงประสิทธิภาพของสถานีโดยอิงจากเวลามาตรฐานประเมิน พบว่า สถานีที่มีประสิทธิภาพสูงสุดคือ สถานี Reinforcement ที่ 100 % สถานีที่มีประสิทธิภาพน้อยสุด คือ สถานี Curing เท่ากับ 37.9 % และประสิทธิภาพสายการผลิต มีค่าเท่ากับ 75.9 %

จากตารางที่ 5.5 ผลการศึกษาเวลามาตรฐานประเมินของสถานีงาน ได้แก่ Basic Time (BT) หรือเวลาการทำงานพื้นฐาน ได้จากการจับเวลาการทำงาน Allowance Time (AT) หรือ เวลาเผื่อ ประเมินจากตารางที่ 5.2 Estimated Standard Time (EST) หรือเวลามาตรฐานประเมิน และ Cycle Time (CT) หรือรอบเวลาการผลิตของสถานีงาน เป็นผลการคำนวณได้จากตารางที่ 5.2 และ 5.3 ตามลำดับ เมื่อนำเวลาที่ศึกษามาเปรียบเทียบกับเวลารวม พบว่า เวลาการทำงานพื้นฐาน คิดเป็น 98.7 % ของเวลาทั้งหมด และเวลาเผื่อ คิดเป็น 1.3 % ของเวลาทั้งหมด

ตารางที่ 5.2 แสดงการประเมินเวลามาตรฐานในสถานีงาน

ขั้นตอนที่ (i)	สถานีงาน	เวลาที่ศึกษาจากวีดีโอ (Observed Time)$_i$ (นาที) (1)	ค่าประเมิน (2)	เวลาการทำงานพื้นฐาน (BT_i) (นาที) (3) = (1) x (2)	% เวลาเผื่อ (% AT_i) (%) (4)	เวลาเผื่อ (AT_i) (นาที) (5) = (3) x (4)	เวลามาตรฐานประเมิน (EST_i) (นาที/โต๊ะงาน) (6) = (3) + (5)
1	Plottering	8.6	1.0	8.6	0%	0.0	8.6
2	Shuttering	10.2	1.0	10.2	10%	1.0	11.2
3	Insert	12.3	1.0	12.3	19%	2.3	14.6
4	Reinforcement	15.3	1.0	15.3	15%	2.3	17.6
5	Casting	7.9	1.0	7.9	15%	1.2	9.1
6	Smoothening	161.5	1.0	161.5	0%	0.0	161.5
7	Curing	480.0	1.0	480.0	0%	0.0	480.0
8	Removing	7.9	1.0	7.9	15%	1.2	9.1
9	Tilting	9.8	1.0	9.8	15%	1.5	11.2

ตารางที่ 5.3 แสดงรอบเวลาการผลิตของสถานีโดยประเมินจากเวลามาตรฐานประเมิน

ขั้นตอนที่ (i)	สถานีงาน	จำนวนหน่วยงานย่อย (N_U) (U) (1)	(N_U-1) (2)	รอบเวลาการผลิตของสถานีงานก่อน (CT_{i-1}) (นาที/โต๊ะงาน) (3)	เวลาการเข้าของโต๊ะงานที่สถานีงาน (N_U-1) CT_{i-1} (นาที/โต๊ะงาน) (4)= (2)x(3)	เวลามาตรฐานประเมิน (EST_i) (นาที/โต๊ะงาน) (5)	จำนวน Bay ในสถานีงาน (N_{bay}) (Bay) (6)	รอบเวลาการผลิตของแต่ละสถานีงาน $(CT_i)^{*1}$ (นาที/โต๊ะงาน) (7)= [(4)+(5)]/[(1)x(6)]
1	Plottering	1	0	8.6	0	8.6	1	8.6
2	Shuttering	3	2	8.6	17.2	11.2	1	9.5
3	Insert	3	2	9.4	18.8	14.6	1	11.1
4	Reinforcement	3	2	11.2	22.4	17.6	1	13.3
5	Casting	3	2	13.3	26.6	9.1	1	11.9
6	Smoothening	4	3	11.9	35.7	161.5	4	12.3
7	Curing	95	-	-	-	480	1	5.1^{*2}
8	Removing	1	0	5.1	0	9	1	9.0
9	Tilting	2	1	9	9	11.2	1	10.1

หมายเหตุ *1 หมายถึง CT_i = ดูสมการที่ 4.7

*2 หมายถึง รอบเวลาการผลิตของสถานี Curing = (5) / (1)

ตารางที่ 5.4 แสดงประสิทธิภาพของสถานีงานโดยอิงจากเวลามาตรฐานประเมิน

ขั้นตอนที่ (i)	สถานีงาน	รอบเวลาการผลิตของสถานีที่ i (CT_i) (นาที/โต๊ะงาน) (1)	รอบเวลาการผลิตของกระบวนการผลิต (CT_p) (นาที/โต๊ะงาน) (2)	เวลารอเพื่อส่งมอบสถานีถัดไปของสถานีที่ i (WT_i) (นาที) (3)= (2)-(1)	เปอร์เซนต์เวลาสูญเปล่าในระหว่างการทำงานของสถานีที่ i ($\%ID_i$) (%) (4)= [(3)/(2)]x100	ประสิทธิภาพ % Efficency (%) (5)= [(1)/(2)]x100
1	Plottering	8.6	13.3	4.8	35.7	64.3
2	Shuttering	9.4	13.3	3.9	29.1	70.9
3	Insert	11.2	13.3	2.2	16.2	83.8
4	Reinforcement	13.3	13.3	0.0	0.0	100.0
5	Casting	11.9	13.3	1.4	10.5	89.5
6	Smoothening	12.3	13.3	1.0	7.5	92.5
7	Curing	5.1	13.3	8.3	62.1	37.9
8	Removing	9.0	13.3	4.3	32.2	67.8
9	Tilting	10.1	13.3	3.2	24.0	76.0
	Total	91.0	119.9	28.9	24.1	75.9

ตารางที่ 5.5 ผลการศึกษาเวลามาตรฐานประเมินของสถานีงาน

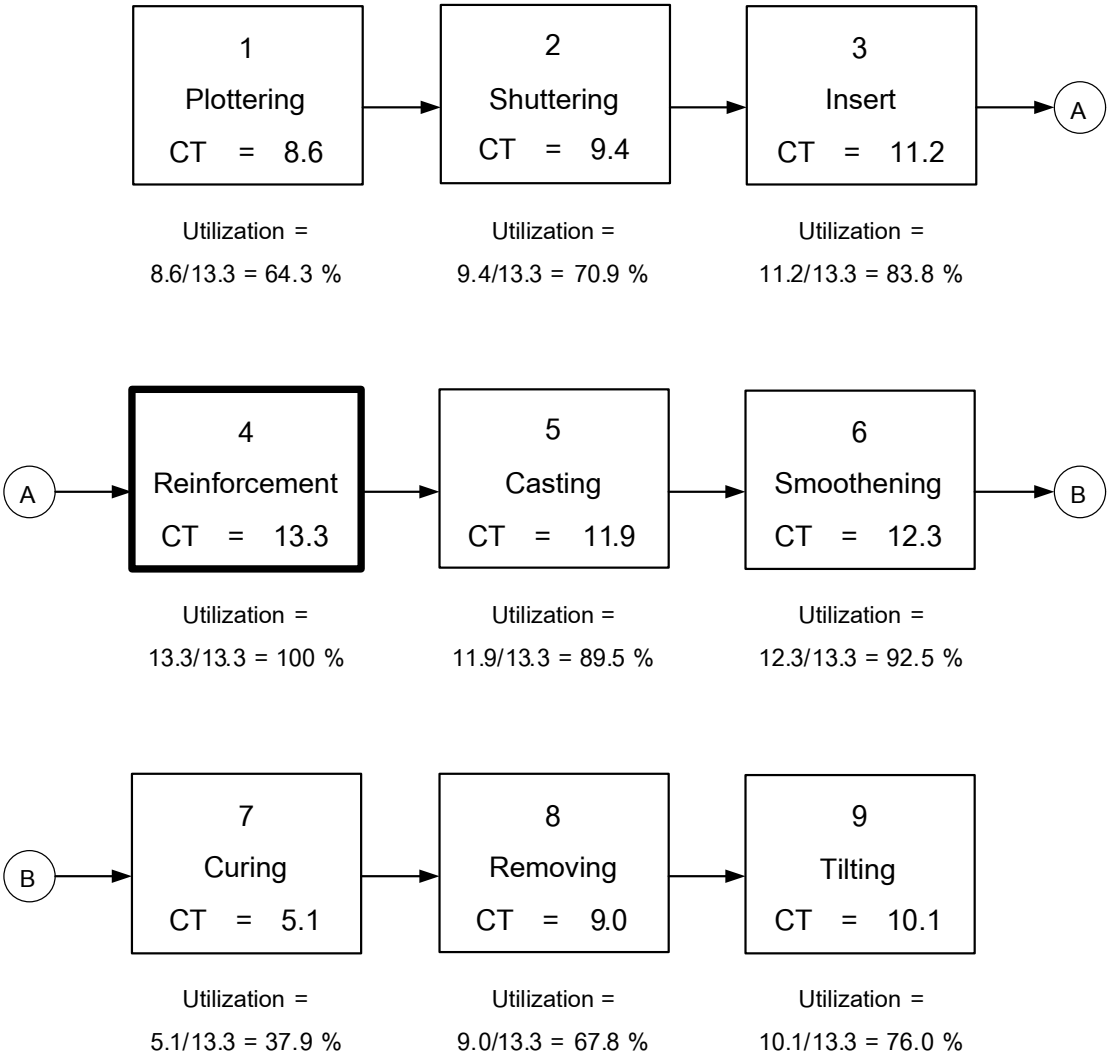
รหัส	ตัวแปร	หน่วย	สถานีงาน 1 Plottering		สถานีงาน 2 Shuttering		สถานีงาน 3 Insert		สถานีงาน 4 Reinforcement		สถานีงาน 5 Casting	
	จำนวนคน	คน	1		6		6		9		6	
	จำนวน Bay	Bay	1		1		1		1		1	
	จำนวน U/Bay	U/Bay	1		3		3		3		3	
BT	1) Basic Time	นาที	8.6 ± 0.3	100.0%	10.2 ± 3.8	90.9%	12.3 ± 3.6	84.0%	15.3 ± 2.5	87.0%	7.9 ± 1.3	87.0%
AT	2) Allowance Time	นาที		0.0%	1.0 ± 0.4	9.1%	2.3 ± 0.7	16.0%	2.3 ± 0.4	13.0%	1.2 ± 0.2	13.0%
EST	3) Estimated Standard Time	นาที	8.6 ± 0.3	100.0%	11.2 ± 4.2	100.0%	14.6 ± 4.3	100.0%	17.6 ± 2.8	100.0%	9.1 ± 1.5	100.0%
CT	4) Cycle Time	นาที/โต๊ะงาน	8.6 ± 0.3		9.4 ± 1.6		11.2 ± 2.5		13.3 ± 2.1		11.9 ± 1.0	
WS.Eff.	Work Station Efficiency	%	64.3%		70.9%		83.8%		100.0%		89.5%	

รหัส	ตัวแปร	หน่วย	สถานีงาน 6 Smoothening		สถานีงาน 7 Curing		สถานีงาน 8 Removing		สถานีงาน 9 Tilting		ผลรวม	% ของเวลาเทียบกับเวลารวม
	จำนวนคน	คน	20		1		8		7			
	จำนวน Bay	Bay	4		1		1		1			
	จำนวน U/Bay	U/Bay	4		95		1		2			
BT	1) Basic Time	นาที	161.5 ± 0.5	100.0%	480.0 ± 0.0	100.0%	7.9 ± 1.1	87.3%	9.8 ± 1.0	87.0%	714.2	98.7%
AT	2) Allowance Time	นาที		0.0%		0.0%	1.1 ± 0.2	12.7%	1.5 ± 0.1	13.0%	9.4	1.3%
EST	3) Estimated Standard Time	นาที	161.5 ± 0.5	100.0%	480.0 ± 0.0	100.0%	9.0 ± 1.2	100.0%	11.2 ± 1.1	100.0%	723.7	100.0%
CT	4) Cycle Time	นาที/โต๊ะงาน	12.3 ± 0.2		5.1 ± 0.0		9.0 ± 1.2		10.1 ± 0.8		91.0	
WS.Eff.	Work Station Efficiency	%	92.5%		37.9%		67.8%		76.0%			

หมายเหตุ = แทนรอบเวลาการผลิตของกระบวนการผลิต เนื่องจากมีค่าสูงสุด เมื่อเทียบกับสถานีอื่นๆ

WS.Eff. = $(CT_i / Max.\ CT_i) \times 100$

เมื่อทราบรอบเวลาการผลิตของสถานีงาน จากนั้นมาหาสถานีงานคอขวด โดยจากรูปที่ 5.10 แสดงสถานีงานที่เป็นจุดคอขวดที่อิงเวลามาตรฐานประเมิน โดยภาพรวมของสายการผลิต พบว่า สถานี Reinforcement มีรอบเวลาการผลิตสูงที่สุด เท่ากับ 13.3 นาที/โต๊ะงาน ซึ่งเป็นสถานีงานคอขวดที่ส่งผลกระทบให้สถานีถัดไปต้องหยุดรองาน ผลจากสถานีงานคอขวดทำให้ระบบไม่สามารถควบคุมการใช้ทรัพยากรให้เกิดประโยชน์ (Utilization) สูงสุดได้



สถานีคอขวด คือ สถานีที่ 4 Reinforcement

CT = Cycle Time **หมายถึงรอบเวลาการผลิต มีหน่วยเป็น นาที/โต๊ะงาน**

รูปที่ 5.10 แสดงสถานีงานที่เป็นจุดคอขวดที่อิงเวลามาตรฐานประเมิน

5.1.3 ผลการสำรวจเวลาที่ใช้ของสถานีงานในปัจจุบัน

สำรวจเวลาที่ใช้ของสถานีงานในปัจจุบัน โดยเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการบันทึกเวลาการหยุดและเคลื่อนที่ของโต๊ะงานระหว่างสถานีงานจนถึงขั้นตอนการผลิตสุดท้าย โดยระบบคอมพิวเตอร์ แล้วมาคำนวณรอบเวลาการผลิต

ตารางที่ 5.6 แสดงรอบเวลาการผลิตที่อิงเวลาที่ใช้ในปัจจุบัน คำนวณรอบเวลาการผลิตจากเวลาที่ใช้ของสถานีงานแล้วหารด้วยจำนวนงานที่ทำ พบว่า สถานี Smoothening มีรอบเวลาการผลิตสูงสุด คือ 17 นาที/โต๊ะงาน ดังนั้นรอบเวลาการผลิตของกระบวนการผลิต คือ 17 นาที/โต๊ะงาน และสถานี Casting และ Removing มีรอบเวลาการผลิตน้อยที่สุดคือ 13.7 นาที/โต๊ะงาน

จากตารางที่ 5.7 แสดงประสิทธิภาพของสถานีโดยอิงจากเวลาที่ใช้ในปัจจุบัน พบว่าสถานีที่มีประสิทธิภาพสูงสุดคือ สถานี Smoothening ที่ 100 % สถานีที่มีประสิทธิภาพน้อยสุด คือ สถานี Casting 80.4 % และประสิทธิภาพสายการผลิต มีค่าเท่ากับ 90.4 %

จากตารางที่ 5.8 ผลการศึกษารอบเวลาการผลิตที่อิงจากเวลาที่ใช้ในปัจจุบัน ประกอบด้วย (1) Waste Time หรือเวลาสูญเสีย คำนวณจากเวลาที่ใช้ของสถานีงาน (SL) ลบด้วยเวลามาตรฐานประเมิน (EST) และลบด้วยเวลาเคลื่อนย้ายโต๊ะงานระหว่างสถานีในระบบและนอกระบบรางเลื่อน (2) External Transport time (ET) หรือเวลาเคลื่อนย้ายโต๊ะงานระหว่างสถานีนอกระบบรางเลื่อน (3) Station Lead Time (SL) เวลาที่ใช้ของสถานีงาน (4) Cycle time (CT) หรือรอบเวลาการผลิต และ (5) Work Station Efficiency หรือประสิทธิภาพของสถานีงาน เมื่อนำเวลาที่ได้จากการสำรวจมาเทียบกับเวลารวมทั้งหมด พบว่า เวลามาตรฐานประเมิน คิดเป็น 68.5 % ของเวลาทั้งหมด เวลาสูญเปล่า คิดเป็น 29.3 % ของเวลาทั้งหมด การเคลื่อนย้ายโต๊ะงานระหว่างสถานีในและนอกระบบรางเลื่อน คิดเป็น 0.8 % และ 1.4 % ตามลำดับ ของเวลาทั้งหมด

สถานีงานคอขวดที่อิงเวลาที่ใช้ในปัจจุบัน โดยพิจารณารอบเวลาการผลิต ดังรูปที่ 5.11 แสดงสถานีงานที่เป็นจุดคอขวดที่อิงเวลาที่ใช้ในปัจจุบัน โดยภาพรวมของสายการผลิต พบว่า สถานี Smoothening มีรอบเวลาการผลิตสูงที่สุด เท่ากับ 17 นาที/โต๊ะงาน ซึ่งเป็นสถานีงานคอขวดที่ส่งผลกระทบให้สถานีถัดไปต้องหยุดรองาน ผลจากสถานีงานคอขวดทำให้ระบบไม่สามารถควบคุมการใช้ทรัพยากรให้เกิดประโยชน์ (Utilization) สูงสุดได้

ตารางที่ 5.6 แสดงรอบเวลาการผลิตที่อิงเวลาที่ใช้ในปัจจุบัน

ขั้นตอนที่ (i)	สถานีงาน	เวลาที่ใช้ของสถานีงาน (SL_i) (นาที) (1)	จำนวนงานที่ทำ (โต๊ะงาน) (2)	รอบเวลาการผลิต (CT_i) (นาที/โต๊ะงาน) (3)=(1)/(2)
1	Plottering	6240	400	15.6
2	Shuttering	5947.2	354	16.8
3	Insert	5673	366	15.5
4	Reinforcement	5589	345	16.2
5	Casting	5562.2	406	13.7
6	Smoothening	5763	339	17.0
7	Curing	7394.7	471	15.7
8	Removing	6082.8	444	13.7
9	Tilting	6077.1	431	14.1

ตารางที่ 5.7 แสดงประสิทธิภาพของสถานีงานโดยอิงจากเวลาที่ใช้ในปัจจุบัน

ขั้นตอนที่ (i)	สถานีงาน	รอบเวลาการผลิตของสถานีที่ i (CT_i) (นาที/โต๊ะงาน) (1)	รอบเวลาการผลิตของกระบวนการผลิต (CT_p) (นาที/โต๊ะงาน) (2)	เวลารอเพื่อส่งมอบสถานีถัดไปของสถานีที่ i (WT_i) (นาที) (3)= (2)-(1)	เปอร์เซนต์เวลาสูญเปล่าในระหว่างการทำงานของสถานีที่ i (% ID_i) (%) (4)= [(3)/(2)]x100	ประสิทธิภาพ % Efficency (%) (5)= [(1)/(2)]x100
1	Plottering	15.6	17.0	1.4	8.1	91.9
2	Shuttering	16.8	17.0	0.2	1.2	98.8
3	Insert	15.5	17.0	1.5	8.7	91.3
4	Reinforcement	16.2	17.0	0.8	4.4	95.6
5	Casting	13.7	17.0	3.3	19.6	80.4
6	Smoothening	17.0	17.0	0.0	0.0	100.0
7	Curing	15.7	17.0	1.3	7.5	92.5
8	Removing	13.7	17.0	3.3	19.5	80.5
9	Tilting	14.1	17.0	2.9	16.9	83.1
	Total	138.4	153.0	14.6	9.6	90.4

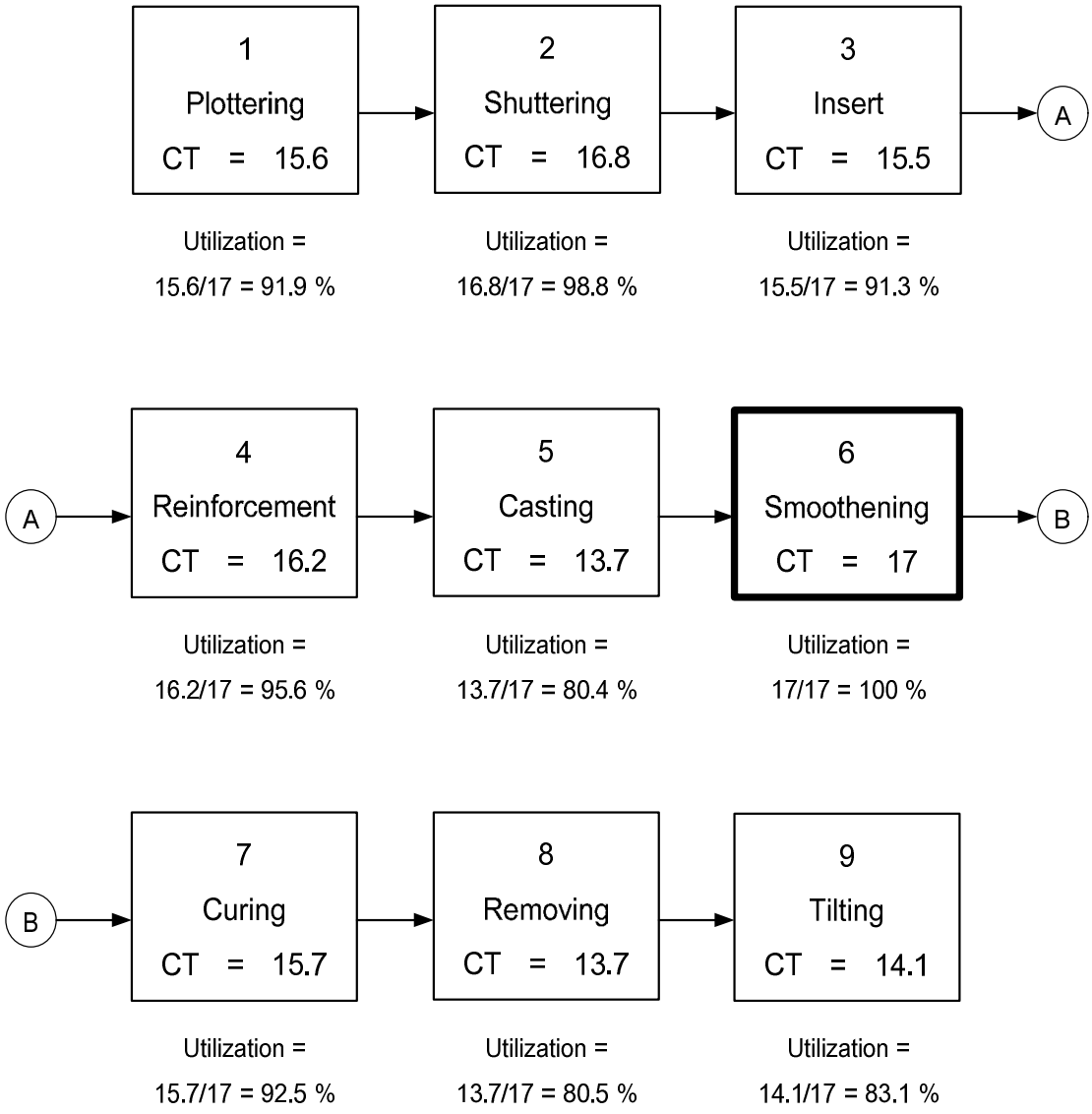
ตารางที่ 5.8 ผลการศึกษารอบเวลาการผลิตโดยอิงจากเวลาที่ใช้ในปัจจุบัน

รหัส	ตัวแปร	หน่วย	สถานีงาน									
			1		2		3		4		5	
			Plottering		Shuttering		Insert		Reinforcement		Casting	
	จำนวนคน	คน	1		6		6		9		6	
	จำนวน Bay	Bay	1		1		1		1		1	
	จำนวน U/Bay	U/Bay	1		3		3		3		3	
EST	1) Estimated Standard Time	นาที	8.6 ± 0.3	77.5%	11.2 ± 4.2	55.5%	14.6 ± 4.3	51.6%	17.6 ± 2.8	68.2%	9.1 ± 1.5	35.0%
	2) Waste Time	นาที	1.2 ± 0.1	10.5%	7.0 ± 4.2	34.5%	12.6 ± 4.3	44.6%	7.2 ± 2.8	27.7%	14.8 ± 1.5	56.7%
IT	3) Internal Transport Time	นาที		0.0%		0.0%	1.1 ± 0.0	3.8%	1.1 ± 0.0	4.2%	0.9 ± 0.0	3.4%
ET	4) External Transport Time	นาที	1.3 ± 0.1	12.1%	2.0 ± 1.0	10.0%		0.0%		0.0%	1.3 ± 0.1	4.9%
SL	5) Station Lead-time	นาที	11.1 ± 0.2	100.0%	20.2 ± 1.0	100.0%	28.3 ± 0.0	100.0%	25.9 ± 0.0	100.0%	26.1 ± 0.1	100.0%
CT	6) Cycle Time	นาที/ โต๊ะงาน	15.6 ± 3.3		16.8 ± 4.3		15.5 ± 6.9		16.2 ± 8.2		13.7 ± 3.0	
WS.Eff.	Work Station Efficiency	%	91.9%		98.8%		91.3%		95.6%		80.4%	

รหัส	ตัวแปร	หน่วย	สถานีงาน								ผลรวม	เวลาเทียบกับเวลารวม
			6		7		8		9			
			Smoothening		Curing		Removing		Tilting			
	จำนวนคน	คน	20		1		8		7			
	จำนวน Bay	Bay	4		1		1		1			
	จำนวน U/Bay	U/Bay	4		95		1		2			
EST	1) Estimated Standard Time	นาที	161.5 ± 0.5	81.0%	480.0 ± 0.0	68.5%	9.0 ± 1.2	38.6%	11.2 ± 1.1	56.7%	723.7	68.5%
	2) Waste Time	นาที	35.0 ± 0.5	17.6%	218.0 ± 0.0	31.1%	7.6 ± 1.2	32.4%	6.3 ± 1.1	31.9%	309.5	29.3%
IT	3) Internal Transport Time	นาที	1.1 ± 0.0	0.5%	1.0 ± 0.0	0.1%	1.6 ± 0.0	7.0%	0.9 ± 0.0	4.6%	8.0	0.8%
ET	4) External Transport Time	นาที	1.7 ± 0.3	0.9%	1.8 ± 0.1	0.3%	5.2 ± 2.7	22.0%	1.3 ± 0.2	6.8%	14.6	1.4%
SL	5) Station Lead-time	นาที	199.3 ± 0.3	100.0%	700.7 ± 0.1	100.0%	23.4 ± 2.7	100.0%	19.8 ± 0.2	100.0%	1055.8	100.0%
CT	6) Cycle Time	นาที/ โต๊ะงาน	17.0 ± 2.5		15.7 ± 1.7		13.7 ± 1.7		14.1 ± 1.7			
WS.Eff.	Work Station Efficiency	%	100.0%		92.5%		80.5%		83.1%			

หมายเหตุ ◯ = แทนรอบเวลาการผลิตของกระบวนการผลิต เนื่องจากมีค่าสูงสุด เมื่อเทียบกับสถานีอื่นๆ

WS.Eff. = $(CT_i / Max.\ CT_i) \times 100$



สถานีคอขวด คือ สถานีที่ 6 Smoothening

CT = Cycle Time **หมายถึงรอบเวลาการผลิต มีหน่วยเป็น นาที/โต๊ะงาน**

รูปที่ 5.11 แสดงสถานีงานที่เป็นจุดคอขวดที่อิงเวลาที่ใช้ในปัจจุบัน

5.2 ผลการคำนวณกำลังการผลิตโดยอิงรอบเวลาการผลิตจากเวลามาตรฐานประเมินและจากเวลาที่ใช้ในปัจจุบัน

นำผลของรอบเวลาการผลิตที่คำนวณได้มาคำนวณกำลังการผลิตและประสิทธิภาพโรงงาน

จากตารางที่ 5.9 แสดงการคำนวณกำลังการผลิตโดยอิงจากเวลามาตรฐานประเมินและอิงจากเวลาที่ใช้ในปัจจุบัน ซึ่งการคำนวณกำลังการผลิตนั้นมี 2 หน่วยที่ใช้คือ (1) กำลังการผลิตของโรงงาน หน่วยเป็น โต๊ะงาน/เดือน มีค่าเท่ากับ 2,364 และ 1,849 ตามลำดับ และ (2) กำลังการผลิตของโรงงาน หน่วยเป็น หลัง/เดือน ค่าเท่ากับ 215 และ 168 หลัง/เดือน ตามลำดับ และประสิทธิภาพโรงงานมีค่าเท่ากับ 72 และ 56 % ตามลำดับ

จากตารางที่ 5.10 แสดงรอบเวลาการผลิตของกระบวนการผลิตที่อิงกำลังการผลิตตามเป้าหมายโรงงาน พบว่า ที่ร้อยละ 80 และ 100 ของกำลังการผลิตตามการออกแบบโรงงานสามารถผลิตบ้านได้ 240 และ 300 หลัง/เดือน ตามลำดับ คิดเป็นรอบเวลาการผลิต เท่ากับ 11.9 และ 9.5 นาที/โต๊ะงาน ตามลำดับ

5.2.1 ผลของกำลังการผลิตที่อิงเวลามาตรฐานประเมิน

ผลการศึกษาเวลามาตรฐานประเมิน พบว่า รอบเวลาการผลิตมีค่าเท่ากับ 13.3 นาที/โต๊ะงาน คิดเป็นอัตราการผลิต 2,364 โต๊ะงาน/เดือนโดยเฉลี่ย หรือ 215 หลัง/เดือนโดยเฉลี่ย คิดเป็นร้อยละ 72 ของกำลังการผลิตตามการออกแบบโรงงาน ซึ่งพบว่ายังไม่ได้ตามเป้าหมายโรงงานในปัจจุบันและอนาคตที่โรงงานต้องการได้อัตราการผลิตร้อยละ 80 และ 100 ของกำลังการผลิตตามการออกแบบโรงงานต้องมีรอบเวลาการผลิตอยู่ที่ 11.9 และ 9.5 นาที/โต๊ะงาน ตามลำดับ ดังรูปที่ 5.12

5.2.2 ผลของกำลังการผลิตที่อิงเวลาที่ใช้ในปัจจุบัน

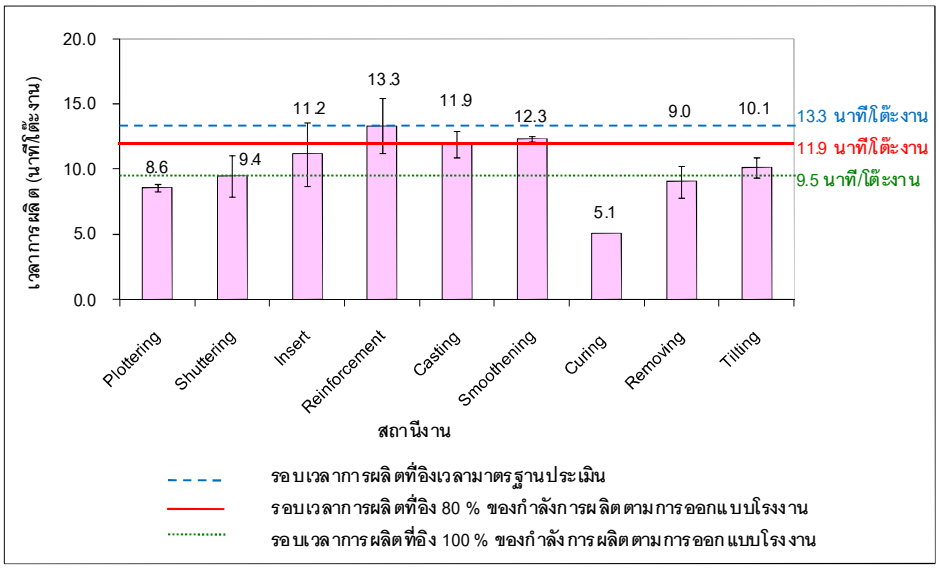
ผลการศึกษาเวลาที่ใช้ในปัจจุบัน พบว่า มีรอบเวลาการผลิต 17 นาที/โต๊ะงาน คิดเป็นอัตราการผลิต 1,849 โต๊ะงาน/เดือนโดยเฉลี่ย หรือ 168 หลัง/เดือนโดยเฉลี่ย คิดเป็นร้อยละ 56 ของกำลังการผลิตตามการออกแบบโรงงาน ซึ่งพบว่ายังไม่ได้ตามเป้าหมายโรงงานในปัจจุบันที่โรงงานต้องการได้อัตราการผลิตร้อยละ 80 ของกำลังการผลิตตามการออกแบบโรงงาน ต้องมีรอบเวลาในการผลิตอยู่ที่ 11.9 ดังรูปที่ 5.13

ตารางที่ 5.9 แสดงการคำนวณบกำลังการผลิตโดยอิงรอบเวลาการผลิตจากเวลามาตรฐานประเมินและจากเวลาที่ใช้ในปัจจุบัน

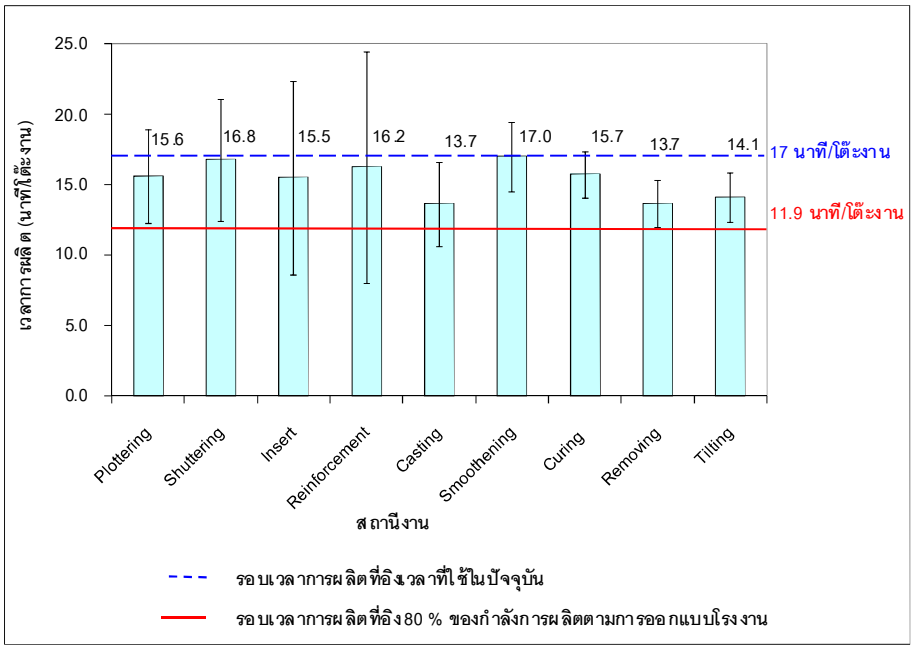
รายละเอียด		หน่วย	เวลามาตรฐานประเมิน	เวลาที่ใช้ในปัจจุบัน
จำนวนเวลาทำงาน	(1)	(นาที/เดือน)	524 x 60	524 x 60
รอบเวลาการผลิตของกระบวนการผลิต	(2)	(นาที/โต๊ะงาน)	13.3	17
กำลังการผลิต	(3) = (1) / (2)	(โต๊ะงาน/เดือน)	2364	1849
จำนวนโต๊ะงานต่อบ้าน 1 หลัง	(4)	(จำนวนโต๊ะงาน)	11	11
กำลังการผลิต	(5) = (3) / (4)	(หลัง/เดือน)	215	168
กำลังการผลิตตามการออกแบบโรงงานสูงสุด	(6)	(หลัง/เดือน)	300	300
ประสิทธิภาพโรงงาน	(7) = ((5)/(6)) x 100	(%)	72	56

ตารางที่ 5.10 แสดงรอบเวลาการผลิตของกระบวนการผลิตที่อิงกำลังการผลิตตามเป้าหมายโรงงาน

ลำดับ	ร้อยละของกำลังการผลิตตามการออกแบบโรงงาน (เป้าหมายโรงงาน)	กำลังการผลิตตามเป้าหมายโรงงาน (หลังต่อเดือน) (1)	จำนวนเวลาทำงาน (นาที/เดือน) (2)	จำนวนโต๊ะงานต่อบ้าน 1 หลัง (โต๊ะงาน) (3)	รอบเวลาการผลิตตามเป้าหมายโรงงาน (นาที/โต๊ะงาน) (4) = (2)/((1)x(3))
1	80%	240	524x60	11	11.9
2	100%	300	524x60	11	9.5



รูปที่ 5.12 รอบเวลาการผลิตของแต่ละสถานีงานที่อิงเวลามาตรฐานประเมิน



รูปที่ 5.13 รอบเวลาการผลิตของแต่ละสถานีงานที่อิงเวลาที่ใช้ในปัจจุบัน

5.3 การเปรียบเทียบผลการศึกษารอบเวลาการผลิตที่ประเมินจากเวลามาตรฐานประเมินและจากเวลาที่ใช้ในปัจจุบัน

5.3.1 เปรียบเทียบรอบเวลาการผลิตของสถานีงาน

รูปที่ 5.14 ผลการเปรียบเทียบรอบเวลาการผลิตของสถานีต่างๆ ที่อิงเวลามาตรฐานประเมินและจากเวลาที่ใช้ในปัจจุบัน พบว่า รอบเวลาการผลิตที่อิงจากเวลาที่ใช้ในปัจจุบันมีค่าสูงกว่าที่อิงจากเวลามาตรฐานประเมิน เท่ากับ 17 และ 13.3 นาที/โต๊ะงาน ตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบจะเห็นส่วนต่างของเวลาทำงานในแต่ละสถานี ไม่เท่ากัน นั้นก็แสดงว่าสามารถที่จะปรับปรุงการทำงานและลดเวลาการผลิตได้ โดยกำจัดความสูญเปล่าที่เกิดขึ้น

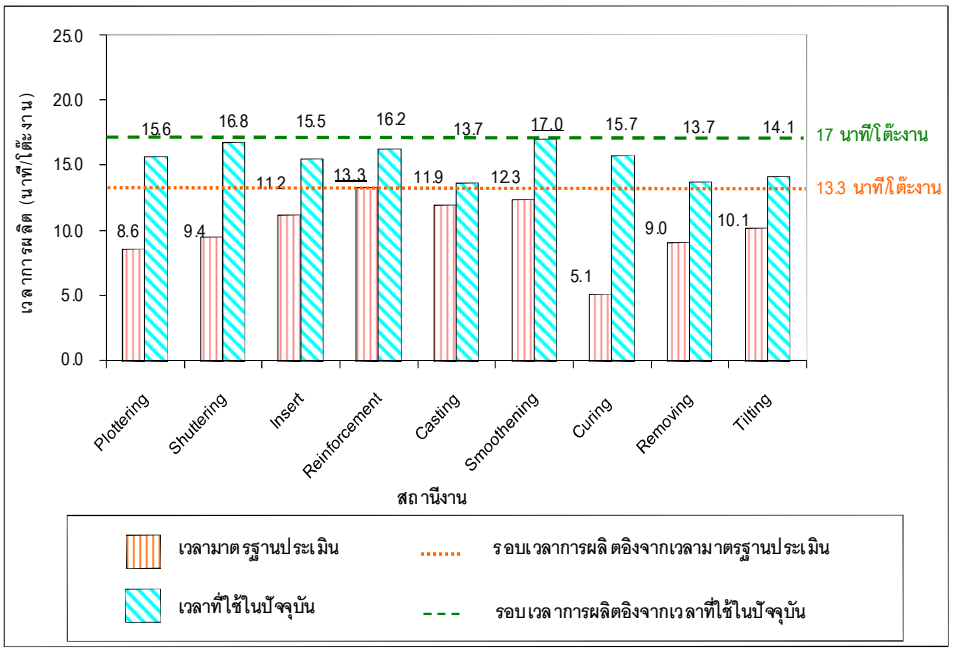
5.3.2 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของสถานีงาน

จากตารางที่ 5.11 แสดงการคำนวณเปรียบเทียบประสิทธิภาพที่อิงจากเวลามาตรฐานประเมินและจากเวลาที่ใช้ในปัจจุบัน มีค่าเท่ากับ 65.7 % นั้นแสดงว่าความสามารถของกระบวนการผลิตที่อิงเวลาที่ใช้ในปัจจุบันใช้ทรัพยากรไม่เต็มที่เมื่อเทียบกับประสิทธิภาพที่ควรจะเป็น และรูปที่ 5.15 เปรียบเทียบประสิทธิภาพเวลามาตรฐานประเมินเทียบกับเวลาที่ใช้ในปัจจุบันของแต่ละสถานีงาน พบว่า ในแต่ละสถานีมีประสิทธิภาพที่แตกต่างกันมาก โดยสถานี Casting มีประสิทธิภาพการทำงานสูงสุดที่ 87.3 % แสดงว่ามีการใช้ทรัพยากรในการผลิตอย่างเต็มที่ และเมื่อเทียบกับสถานี Curing ที่มีประสิทธิภาพ 32.1 %

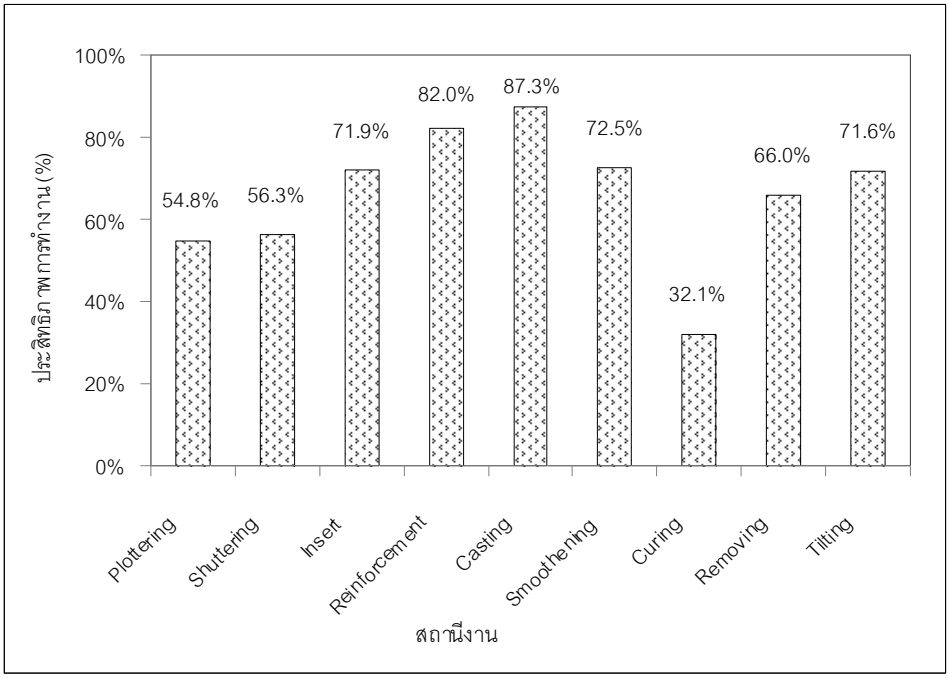
5.3.3 เปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิของความผันแปร

จากตารางที่ 5.12 ค่าสัมประสิทธิ์ของความผันแปรของสถานีงานที่ใช้เครื่องจักรและกระบวนการทางเคมี ประกอบไปด้วยสถานี Plottering Casting Smoothening และ Curing พบว่า มีค่าสัมประสิทธิ์ของความผันแปรที่อิงจากเวลามาตรฐานประเมินและจากเวลาที่ใช้ในปัจจุบัน เท่ากับ 3.4 ± 3.7 % และ 17.1 ± 5.5 % ตามลำดับ

จากตารางที่ 5.13 ค่าสัมประสิทธิของความผันแปรของสถานีงานที่พนักงานทำงานประกอบไปด้วยสถานี Shuttering Insert Reinforcement Removing และ Tilting พบว่า มีค่าสัมประสิทธิ์ของความผันแปรที่อิงจากเวลามาตรฐานประเมินและจากเวลาที่ใช้ในปัจจุบัน เท่ากับ 15.2 ± 5.3 % และ 29.0 ± 17.8 % ตามลำดับ



รูปที่ 5.14 เปรียบเทียบรอบเวลาการผลิตของสถานีงานต่างๆ ที่อิงจากเวลามาตรฐานประเมินและจากเวลาที่ใช้ในปัจจุบัน



รูปที่ 5.15 เปรียบเทียบประสิทธิภาพเวลามาตรฐานประเมินเทียบกับเวลาที่ใช้ในปัจจุบันของสถานีงาน

ตารางที่ 5.11 แสดงการคำนวณเปรียบเทียบประสิทธิภาพที่อิงจากเวลามาตรฐานและจากเวลาที่ใช้ในปัจจุบัน

ขั้นตอนที่	สถานีงาน	รอบเวลาการผลิต อิงจากเวลามาตรฐานประเมิน (นาที/โต๊ะงาน) (1)	รอบเวลาการผลิต อิงจากเวลาที่ใช้ในปัจจุบัน (นาที/โต๊ะงาน) (2)	เปรียบเทียบประสิทธิภาพเวลามาตรฐานประเมินและเวลาที่ใช้ในปัจจุบัน (3) =((1) / (2))x100
1	Plottering	8.6	15.6	54.8%
2	Shuttering	9.4	16.8	56.3%
3	Insert	11.2	15.5	71.9%
4	Reinforcement	13.3	16.2	82.0%
5	Casting	11.9	13.7	87.3%
6	Smoothening	12.3	17.0	72.5%
7	Curing	5.1	15.7	32.1%
8	Removing	9.0	13.7	66.0%
9	Tilting	10.1	14.1	71.6%
	Total	91.0	138.4	65.7%

ตารางที่ 5.12 ค่าสัมประสิทธิของความผันแปรของสถานีงานที่ใช้เครื่องจักรและกระบวนการทางเคมี

ขั้นตอนที่	สถานีงาน	เวลามาตรฐานประเมิน			เวลาที่ใช้ในปัจจุบัน		
		รอบเวลาการผลิตของสถานีงาน (นาที/โต๊ะงาน)		CV (%)	รอบเวลาการผลิตของสถานีงาน (นาที/โต๊ะงาน)		CV (%)
		Mean	SD		Mean	SD	
		(1)	(2)	(3) = ((2) / (1))x100	(4)	(5)	(6) = ((5) / (4))*100
1	Plottering	8.6	0.3	3.50	15.6	3.3	21.12
2	Casting	11.9	1.0	8.49	13.7	3.0	22.01
3	Smoothening	12.3	0.2	1.43	17.0	2.5	14.58
4	Curing	5.1	0.0	0.00	15.7	1.7	10.54
mean ± SD				3.4 ± 3.7			17.1 ± 5.5

ตารางที่ 5.13 ค่าสัมประสิทธิของความผันแปรของสถานีงานที่พนักงานทำงาน

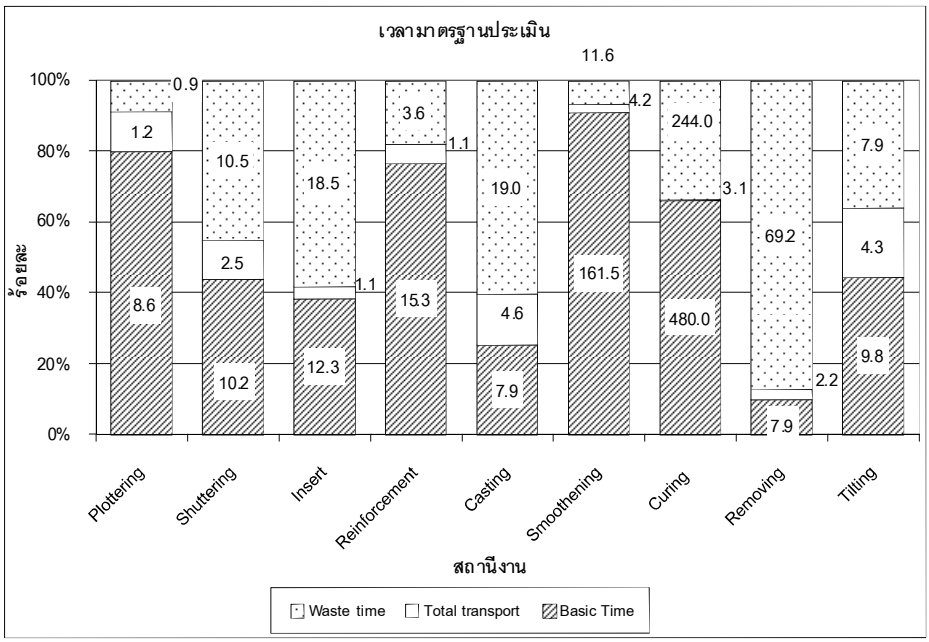
ขั้นตอนที่	สถานีงาน	เวลามาตรฐานประเมิน			เวลาผลิตจริงก่อนการปรับปรุง		
		รอบเวลาการผลิตของสถานีงาน (นาที/โต๊ะงาน)		CV (%)	รอบเวลาการผลิตของสถานีงาน (นาที/โต๊ะงาน)		CV (%)
		Mean	SD		Mean	SD	
		(1)	(2)	(3) = ((2) / (1))x100	(4)	(5)	(6) = ((5) / (4))*100
		[1]	[2]	[3] = [2]/[1]	[4]	[5]	[6] = [5]/[4]
1	Shuttering	9.4	1.6	16.82	16.8	4.3	25.63
2	Insert	11.2	2.5	22.03	15.5	6.9	44.19
3	Reinforcement	13.3	2.1	16.05	16.2	8.2	50.65
4	Removing	9.0	1.2	13.49	13.7	1.7	12.38
5	Tilting	10.1	0.8	7.62	14.1	1.7	12.37
mean ± SD				15.2 ± 5.3			29.0 ± 17.8

5.4 ผลการปรับปรุงเพื่อเพิ่มอัตราการผลิต

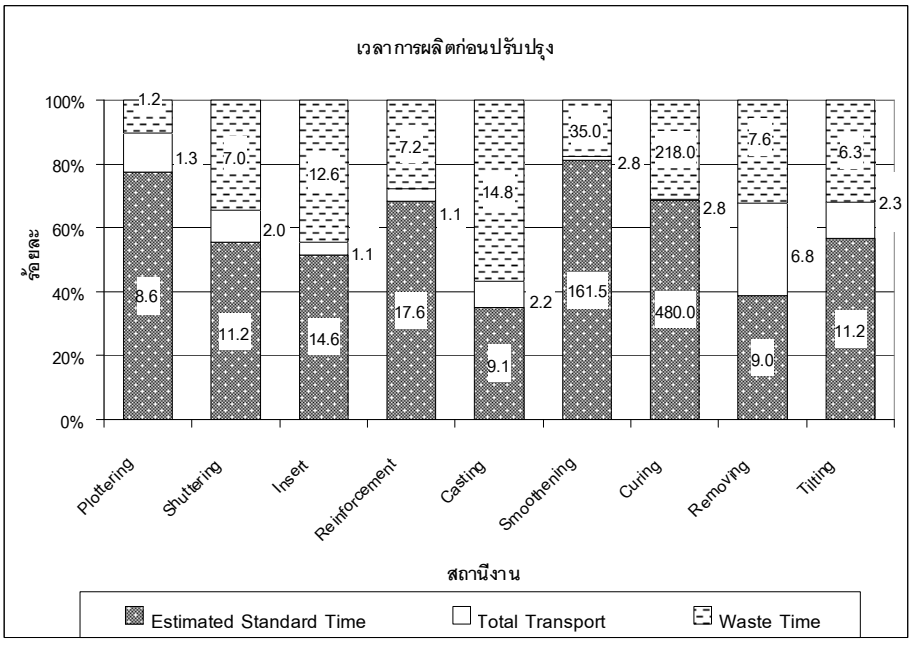
5.4.1 วิเคราะห์หาสาเหตุความล่าช้าของกระบวนการผลิตก่อนการปรับปรุง

ผลของรอบเวลาการผลิตที่อิงเวลาที่ใช้ในปัจจุบัน เท่ากับ 17 นาที/โต๊ะงาน คิดเป็นร้อยละ 56 ของกำลังการผลิตตามการออกแบบโรงงาน ซึ่งยังไม่ได้ตามเป้าหมายของโรงงานที่ร้อยละ 80 ของกำลังการผลิตตามการออกแบบโรงงาน ทั้งนี้จากการศึกษาเวลาทำให้ทราบว่า รอบเวลาการผลิตและประสิทธิภาพของสถานีงานไม่เท่ากัน ส่งผลให้เกิดความสูญเปล่าของการผลิต แก้ไขโดยการกำจัดความสูญเปล่า ซึ่งก็คือ กิจกรรมใดๆ ที่เพิ่มต้นทุนหรือเวลาแต่ไม่เพิ่มคุณค่า ดังนั้นการค้นหาสาเหตุความสูญเปล่าจึงพิจารณาจากการปฏิบัติงานที่จำเป็นที่สุดหรืองานหลักออกมาเป็นสิ่งแรกและเปรียบเทียบกับวิธีการทำงานที่ปฏิบัติอยู่ในปัจจุบัน สิ่งที่เหลือก็คือ สาเหตุของความสูญเปล่า ที่ส่งผลให้เกิดความล่าช้าของกระบวนการผลิต

ดังนั้นจึงเปรียบเทียบเวลาการทำงานของเวลามาตรฐานประเมินกับเวลาที่ใช้ในปัจจุบัน ดังรูปที่ 5.16 และ 5.17 ตามลำดับ โดยเปรียบเทียบทุกสถานีงานของสัดส่วนเวลาการทำงานพื้นฐาน เวลาการเคลื่อนย้ายโต๊ะงานระหว่างสถานี และเวลาสูญเปล่าในแต่ละสถานี ซึ่งผลของเวลาทั้งสองมีแนวโน้มเหมือนกันและสามารถแยกออกได้เป็น 2 ส่วน คือ (1) สถานีที่เวลาส่วนใหญ่เป็นเวลาการทำงาน ได้แก่ สถานีกำหนดตำแหน่งอุปกรณ์ (Plottering) สถานีวางโครงเหล็กเสริมความแข็งแรง (Reinforcement) สถานีขัดผิวหน้าคอนกรีต (Smoothening) และ สถานีบ่มคอนกรีต (Curing) (2) สถานีที่เวลาส่วนใหญ่เป็นเวลาสูญเปล่า ได้แก่ สถานีวางแบบกั้นข้าง (Shuttering) สถานีติดตั้งอุปกรณ์ (Insert) สถานีเทคอนกรีต (Casting) สถานีถอดแบบ (Removing) และสถานียกชิ้นงานเก็บ (Tilting) โดยพบว่า สถานีที่เวลาส่วนใหญ่เป็นเวลาการทำงาน จะเป็นสถานีที่ใช้เครื่องจักรและกระบวนการทางเคมี จึงมีสัดส่วนเวลาการทำงานมากกว่าเวลาสูญเปล่า ส่วนสถานีที่เวลาส่วนใหญ่เป็นเวลาสูญเปล่า จะเป็นสถานีที่พนักงานทำงาน จึงมีสัดส่วนเวลาสูญเปล่ามากกว่าเวลาการทำงาน ดังนั้นจึงควรปรับสัดส่วนภาระงานของการทำงานให้เท่ากัน เพื่อให้เกิดสมดุลของเวลา



รูปที่ 5.16 เวลาการทำงานที่อิงเวลามาตรฐานประเมิน



รูปที่ 5.17 เวลาการทำงานที่อิงเวลาที่ใช้ในปัจจุบัน

ดังนั้นสาเหตุความล่าช้าของกระบวนการผลิต ในแต่ละสถานีงาน ดังนี้

1. **สถานีกำหนดตำแหน่งอุปกรณ์** (Plottering)
   1) จำนวนรายละเอียดรูปชิ้นงานบนโต๊ะงาน
   2) ต้องรอรับโต๊ะงานจากสถานียกชิ้นงานเก็บ (Tilting)

2. **สถานีวางแบบกั้นข้าง** (Shuttering)
   1) ต้องรอรับและรอส่งโต๊ะงานจากสถานีกำหนดตำแหน่งอุปกรณ์ (Plottering) และสถานีติดตั้งอุปกรณ์ (Insert) ตามลำดับ
   2) รอแบบกั้นข้างที่ยังทำความสะอาดไม่เสร็จ และรอแบบกั้นข้างที่มีขนาดเฉพาะ
   3) พนักงานลากแบบกั้นข้างจากสายพานแทนการใช้อุปกรณ์ยก
   4) ไม่มีการศึกษางานที่จะเข้ามาล่วงหน้า เนื่องจากแบบกั้นข้างมีขนาดและระยะทางจาก stock ต่างกัน

3. **สถานีติดตั้งอุปกรณ์** (Insert)
   1) ต้องรอรับและรอส่งโต๊ะงานจากสถานีวางแบบกั้นข้าง (Shuttering) และสถานีวางโครงเหล็กเสริมความแข็งแรง (Reinforcement) ตามลำดับ
   2) รอการประกอบชุดอุปกรณ์ติดตั้งจากหน่วยประกอบ
   3) มีการนำชุดอุปกรณ์ติดตั้ง อาทิ หน้าต่างประกอบ มาประกอบยังสายการผลิต
   4) พนักงานโยนอุปกรณ์เล็กเข้าไปในสายการผลิตทำให้ห่างจากจุดติดตั้งรวมถึงไม่มีการกำหนดหน้าที่ของพนักงานติดตั้งอุปกรณ์เล็กอย่างชัดเจน

4. **สถานีวางโครงเหล็กเสริมความแข็งแรง** (Reinforcement)
   1) ต้องรอรับและรอส่งโต๊ะงานจากสถานีติดตั้งอุปกรณ์ (Insert) และสถานีเทคอนกรีต (Casting) ตามลำดับ
   2) ไม่มีการเตรียมงานโครงเหล็กเสริมและวัสดุฝังไว้ล่วงหน้า และในหน่วยงานย่อยพนักงานวางเหล็กเสริมที่ประกอบเสร็จแล้วไม่เป็นที่ทำให้พนักงานที่มายกเหล็กเสริมต้องเดินหาแต่ละชิ้นส่วน
   3) การผูกเหล็กเส้นที่โครงเหล็กเสริมเป็นการทำงานที่ยาวนานและใช้จำนวนพนักงานมาก

5. **สถานีเทคอนกรีต** (Casting)
   1) รอรับและรอส่งโต๊ะงานจากสถานีวางโครงเหล็กเสริมความแข็งแรง (Reinforcement) และสถานีขัดผิวหน้าคอนกรีต (Smoothening) ตามลำดับ

2) รอคอนกรีตผสมเสร็จจากหน่วยผสมคอนกรีตมาส่งยังสถานี

3) แม่เหล็กที่ยึดแบบกั้นข้างไม่ให้เคลื่อนเสื่อมสภาพ เมื่อเปิดเครื่องสั้นส่งผลให้ขนาดชิ้นงานคลาดเคลื่อน ส่งผลให้พนักงานต้องหยุดการเทคอนกรีต เพื่อแม่เหล็ก

6. **สถานีขัดผิวหน้าคอนกรีต** (Smoothening)

1) รอเวลาการแข็งตัวของคอนกรีต เพื่อขัดผิวหน้าคอนกรีต

2) เนื่องจากระดับปริมาณคอนกรีตที่ถูกเทมาจากสถานีเทคอนกรีต Casting ไม่พอดี ดังนั้นจึงต้องปรับเพิ่มคอนกรีต ทำให้ตอ้งเสียเวลาในการรอคอนกรีตแข็งตัวอีกครั้ง

7. **สถานีบ่มคอนกรีต** (Curing)

1) รอส่งโต๊ะงานให้สถานีถอดแบบ (Removing)

2) รอเวลาให้ได้กำลังของคอนกรีตแข็งตัว

8. **สถานีถอดแบบ** (Removing)

1) รอส่งโต๊ะงานให้สถานียกชิ้นงานเก็บ (Tilting)

2) ในสถานีนี้มีอุปกรณ์ถอดแบบกั้นข้างเพียง 1 ชิ้น ดังนั้นขั้นตอนการถอดแบบกั้นจึงเป็นขั้นตอนที่กำหนดระยะเวลาการทำงาน

9. **สถานียกชิ้นงานเก็บ** (Tilting)

1) รอรับโต๊ะงานจากสถานีถอดแบบ (Removing)

2) นำอุปกรณ์ยกที่ใช้ในการยกชิ้นงานมาใช้ร่วมกับการยกชิ้นงานตกแต่ง ส่งผลให้เกิดการรออุปกรณ์ยกและทำให้เวลาการทำงานในสถานีงานนาน

จากสาเหตุความล่าช้าของทุกสถานีที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น จึงขอสรุปเป็นข้อๆ และเสนอแนวทางการแก้ไข ดังนี้

1. **สาเหตุเรื่อง รอรับโต๊ะงานจากสถานีงานก่อนหน้า**

เพราะสถานีก่อนหน้ายังทำงานไม่เสร็จส่งผลให้เกิดเวลาว่างงานของสถานีงาน ดังนั้น แนวทางการแก้ไข คือ ควบคุมการผลิตให้ทันเวลากับความต้องการ

2. **สาเหตุเรื่อง รอส่งโต๊ะงานไปยังสถานีถัดไป**

เพราะสถานีถัดไปยังทำงานไม่เสร็จส่งผลให้เกิดเวลาว่างงานของสถานีงาน ดังนั้น แนวทางการแก้ไข คือ ควบคุมการผลิตให้ทันเวลากับความต้องการ

3. **สาเหตุเรื่อง รอวัสดุและอุปกรณ์เพื่อการทำงาน**

เกิดเวลารอคอยวัสดุและอุปกรณ์ของพนักงานขึ้นในสถานีงาน ดังนั้น แนวทางการปรับปรุง คือ การบริหารจัดการหน่วยงานย่อย ให้มีการจัดเตรียมประกอบอุปกรณ์ให้พร้อมก่อนการผลิต

4. **สาเหตุเรื่อง รอการแข็งตัวของคอนกรีต**

เกิดเวลารอคอยการแข็งตัวของคอนกรีตของพนักงานในสถานี ดังนั้น แนวทางการปรับปรุง คือ ศึกษาการปรับส่วนผสมของคอนกรีตให้แข็งตัวเร็วขึ้น ทั้งนี้ต้องพิจารณาถึงค่าใช้จ่ายในการปรับส่วนผสม

5. **สาเหตุเรื่อง มีงานภายนอก** (External work) **ปะปนกับงานภายใน** (Internal work)

ในสถานีงานพนักงงานนำงานที่ต้องประกอบจากภายนอกสถานีงานมาประกอบในสถานีงาน ส่งผลให้เวลาในสายการผลิตนานขึ้น ดังนั้น แนวทางการปรับปรุง คือ แยกหน้าที่การทำงานในส่วนของงานภายนอกและงานภายในให้ชัดเจน

6. **สาเหตุเรื่อง วิธีการทำงานที่ไม่เหมาะสม**

วิธีการทำงานที่ไม่เหมาะสมในที่นี้จะรวมถึงการปฏิบัติการและกระบวนการต่างๆ ที่ไม่เหมาะสมหรือล้าสมัย และการเคลื่อนไหวที่ไม่ได้จำเป็นต่อการดำเนินงานอย่างแท้จริง ดังนั้น แนวทางการแก้ไข คือ การปรับปรุงวิธีการทำงานใหม่ให้ถูกต้องตามหลักการทำงานที่ดี

7. **สาเหตุเรื่อง ไม่มีการอบรมพนักงานข้ามสายงาน**

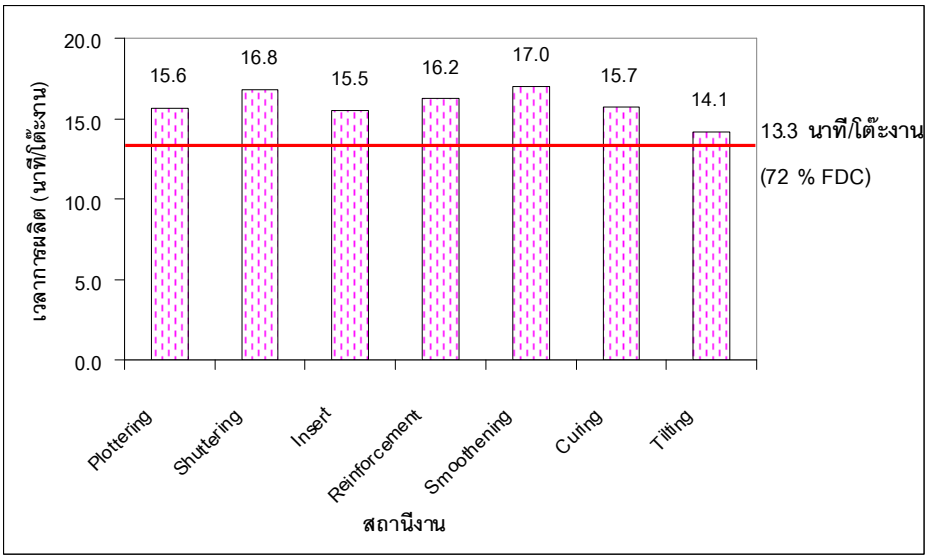
พบว่าโรงงานตัวอย่างไม่มีแผนการอบรมพนักงานข้ามสายงาน เพื่อให้เกิดความยืดหยุ่นในสายการผลิตดังนั้นเมื่อสถานีงานไหนที่คนงานไม่เพียงพอก็จะเกิดภาระงานมากที่สถานีงานนั้น แนวทางการปรับปรุง คือ ฝึกอบรมพนักงานให้สามารถทำงานข้ามสายงานอื่นๆ ได้ เพื่อเพิ่มความยืดหยุ่นและความสามารถของพนักงานในสายการผลิต

5.4.2 ผลการนำเสนอและประยุกต์แนวทางการปรับปรุง

จากสาเหตุความล่าช้าของกระบวนการผลิตที่กล่าวมาข้างต้น ส่วนใหญ่มาจากความสูญเปล่าจากการทำงานของพนักงาน ส่งผลให้สายการผลิตขาดความสมดุลทำให้รอบเวลาการผลิตสูง ดังนั้น ต้องกำจัดความสูญเปล่าที่เกิดขึ้น โดยอาศัยเทคนิคการปรับปรุงวิธีการทำงานและการจัดสมดุลสายการผลิต

ซึ่งการปรับปรุงวิธีการทำงานจะพิจารณาการกำจัดงานที่ไม่จำเป็นออกไป การรวมงาน การเปลี่ยนลำดับการทำงานเพื่อทำงานนั้นให้ง่ายขึ้น โดยที่วิธีนี้ไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการปรับปรุงและยังสามารถทำให้ได้วิธีการทำงานใหม่ที่เป็นมาตรฐาน ทั้งนี้มาประยุกต์รวมกับการจัดสมดุลสายการผลิต ที่เป็นการลดเวลาว่างของพนักงานในสายการผลิต โดยพยายามให้เวลาที่ใช้ในการผลิตของทุกสถานีใกล้เคียงกัน ด้วยการปรับภาระงานให้เท่ากัน เพิ่มอัตราการไหลของสายการผลิต และลดเวลาสถานีงานคอขวด ซึ่งเมื่อไม่มีการเพิ่มผลผลิตของสายการผลิตก็สามารถย้ายคนงานบางส่วนไปทำงานยังสถานีงานอื่นได้ และเมื่อมีการเพิ่มผลผลิตโดยต้องเร่งงาน ก็ลดภาระงานของคนงานที่ใช้เวลาในการปฏิบัติงานมากให้น้อยลง และนำภาระงานที่ลดนี้ไปให้แก่คนงานที่ปฏิบัติงานน้อยกว่า

โดยแผนการปรับปรุง จะพิจารณาการลดรอบเวลาการผลิต คือ การปรับลดรอบเวลาการผลิตที่อิงจากเวลาที่ใช้ในปัจจุบันให้ลดลงเท่ากับที่อิงจากเวลามาตรฐานประเมิน ดังนั้นการปรับปรุงจะเลือกจากสถานีงานที่เป็นคอขวดมาปรับปรุงก่อนหรือมีรอบเวลาการผลิตมากกว่า 13.3 นาที/โต๊ะงาน ประกอบไปด้วย 7 สถานีงาน ได้แก่ สถานีกำหนดตำแหน่งอุปกรณ์ (Plottering) สถานีวางแบบกั้นข้าง (Shuttering) สถานีติดตั้งอุปกรณ์ (Insert) สถานีวางโครงเหล็กเสริมความแข็งแรง (Reinforcement) สถานีขัดผิวหน้าคอนกรีต (Smoothening) สถานีบ่มคอนกรีต (Curing) และสถานียกชิ้นงานเก็บ (Tilting) ดังรูปที่ 5.18



รูปที่ 5.18 รอบเวลาการผลิตของสถานีงานคอขวดที่อิงเวลาที่ใช้ในปัจจุบัน

การปรับปรุงโดยวิธีการปรับปรุงการทำงานและการจัดสมดุลสายการผลิต และปรับปรุงที่สถานีคอขวด ดังนี้

1. **สถานีกำหนดตำแหน่งอุปกรณ์** (Plottering)
    1) ควบคุมการผลิตให้ทันเวลากับความต้องการของสถานีก่อนหน้าและสถานีถัดไป
    2) ฝึกอบรมพนักงานให้สามารถทำงานข้ามสายงานอื่นๆ ได้ เพื่อเพิ่มความยืดหยุ่นและความสามารถของพนักงานในสายการผลิต

2. **สถานีวางแบบกั้นข้าง** (Shuttering)
    1) ควบคุมการผลิตให้ทันเวลากับความต้องการของสถานีก่อนหน้าและสถานีถัดไป
    2) การบริหารจัดการหน่วยงานย่อย ให้มีการจัดเตรียมประกอบอุปกรณ์ ให้พร้อมก่อนการผลิต โดยให้มีพนักงานตรวจความสะอาดแบบกั้นข้างก่อนที่จะส่งมาผลิต ถ้าพบว่าไม่สะอาดให้แจ้งกลับไปที่สถานีขัดผิวหน้าคอนกรีต (Smoothening) ให้ควบคุมการทำความสะอาดให้เรียบร้อยก่อนส่งออกมา
    3) ฝึกอบรมพนักงานให้สามารถทำงานข้ามสายงานอื่นๆ ได้ เพื่อเพิ่มความยืดหยุ่นและความสามารถของพนักงานในสายการผลิต

3. **สถานีติดตั้งอุปกรณ์** (Insert)
    1) ควบคุมการผลิตให้ทันเวลากับความต้องการของสถานีก่อนหน้าและสถานีถัดไป แยกหน้าที่การทำงานในส่วนของงานภายนอกและงานภายในให้ชัดเจน
    2) การบริหารจัดการหน่วยงานย่อย ให้มีการจัดเตรียมประกอบอุปกรณ์ ให้พร้อมก่อนการผลิต
    3) ปรับปรุงวิธีการทำงานใหม่ให้ถูกต้องตามหลักการทำงานที่ดี โดยการกำจัดงานที่ไม่จำเป็นออกไป รวมงานและเปลี่ยนลำดับการทำงานให้ง่ายขึ้น
    4) ฝึกอบรมพนักงานให้สามารถทำงานข้ามสายงานอื่นๆ ได้ เพื่อเพิ่มความยืดหยุ่นและความสามารถของพนักงานในสายการผลิต

4. **สถานีวางโครงเหล็กเสริมความแข็งแรง** (Reinforcement)
    1) ควบคุมการผลิตให้ทันเวลากับความต้องการของสถานีก่อนหน้าและสถานีถัดไป
    2) แยกหน้าที่การทำงานในส่วนของงานภายนอกและงานภายในให้ชัดเจน
    3) การบริหารจัดการหน่วยงานย่อย ให้มีการจัดเตรียมประกอบอุปกรณ์ ให้พร้อมก่อนการผลิต

4) ฝึกอบรมพนักงานให้สามารถทำงานข้ามสายงานอื่นๆ ได้ เพื่อเพิ่มความยืดหยุ่นและความสามารถของพนักงานในสายการผลิต

5. **สถานีขัดผิวหน้าคอนกรีต** (Smoothening)
   1) ฝึกอบรมพนักงานให้สามารถทำงานข้ามสายงานอื่นๆ ได้ เพื่อเพิ่มความยืดหยุ่นและความสามารถของพนักงานในสายการผลิต

6. **สถานีบ่มคอนกรีต** (Curing)
   1) ควบคุมการผลิตให้ทันเวลากับความต้องการของสถานีก่อนหน้าและสถานีถัดไป
   2) ฝึกอบรมพนักงานให้สามารถทำงานข้ามสายงานอื่นๆ ได้ เพื่อเพิ่มความยืดหยุ่นและความสามารถของพนักงานในสายการผลิต

7. **สถานีบ่มคอนกรีต** (Curing)
   1) ปรับปรุงวิธีการทำงานใหม่ให้ถูกต้องตามหลักการทำงานที่ดี
   2) ออกแบบจิก (Jig) ตามขนาดของอุปกรณ์ เพื่อวางและยกประเภทอุปกรณ์ให้ง่ายต่อการทำงาน
   3) ฝึกอบรมพนักงานให้สามารถทำงานข้ามสายงานอื่นๆ ได้ เพื่อเพิ่มความยืดหยุ่นและความสามารถของพนักงานในสายการผลิต

ดังนั้นจึงขอสรุปสาเหตุและการแก้ไขปรับปรุงสถานีงานคอขวดทั้ง 7 สถานีงานที่กล่าวมาข้างต้น พร้อมทั้งเสนอแนะแนวทางการปรับปรุง ดังตารางที่ 5.14 โดยการแก้ไขปรับปรุงนั้น มีทั้งที่ได้รับการแก้ไขแล้ว ได้แก่ การปรับปรุงเวลาของสถานีก่อนหน้าและถัดไปให้เร็วขึ้น การบริหารจัดการหน่วยงานย่อยให้มีการจัดเตรียมประกอบอุปกรณ์ให้พร้อมการผลิต การแยกงานภายนอกออกจากงานภายใน ปรับปรุงวิธีการทำงานใหม่ให้ถูกต้องตามหลักการทำงานที่ดี และฝึกอบรมพนักงานให้ทำงานข้ามสายงานได้ ส่วนการปรับปรุงที่ยังไม่ดำเนินงาน ได้แก่ ออกแบบอุปกรณ์ใหม่ เนื่องจากเป็นการลงทุน

ตารางที่ 5.14 สาเหตุและการแก้ไขปรับปรุงสถานีงานที่เป็นคอขวด

			ขั้นตอนและสถานีงานที่ปรับลดเวลาการทำงาน						
			Plottering	Shuttering	Insert	Reinforcement	Smoothening	Curing	Tilting
สาเหตุ	1	รอรับโต๊ะงานจากสถานีก่อนหน้า	Tilting	Plottering	Shuttering	Insert			Removing
	2	รอส่งโต๊ะงานให้กับสถานีถัดไป		Insert	Reinforcement	Casting		Removing	
	3	รอวัสดุและอุปกรณ์เพื่อการทำงาน		√	√	√			
	4	มีงานภายนอกปะปนกับงานภายใน			√	√			
	5	วิธีการทำงานที่ไม่เหมาะสม		√	√	√			√
	6	ไม่มีการฝึกอบรมพนักงานให้สามารถทำงานข้ามสายงานอื่นๆ ได้	√	√	√	√	√	√	√
การแก้ไข	1	ปรับปรุงเวลาของสถานีก่อนหน้าให้เร็วขึ้น	Tilting	Plottering	Shuttering	Insert			Removing
	2	ปรับปรุงเวลาของสถานีถัดไปให้เร็วขึ้น		Insert	Reinforcement	Casting		Removing	
	3	การบริหารจัดการหน่วยงานย่อย ให้มีการจัดเตรียมประกอบอุปกรณ์ให้พร้อมการผลิต		√	√	√			
	4	แยกงานภายนอกออกจากงานภายใน			√	√			
	5	(1) ปรับปรุงวิธีการทำงานใหม่ให้ถูกต้องตามหลักการทำงานที่ดี		√	√	√			√
		(2) จัดกลุ่มงานย่อยที่เป็นขั้นตอนต่อเนื่อง และออกแบบอุปกรณ์ใหม่เพื่อลดขั้นตอนการประกอบงานย่อย			○	○			
		(3) ออกแบบจิก (jig) ตามขนาดของอุปกรณ์ เพื่อวางและแยกประเภทอุปกรณ์ให้ง่ายต่อการทำงาน			○	○			√
	6	ฝึกอบรมพนักงานให้สามารถทำงานข้ามสายงานอื่นๆ ได้	√	√	√	√	√	√	√

หมายเหตุ : √ คือ สาเหตุของปัญหาและได้ทำการแก้ไข, ○ คือ ยังไม่ดำเนินการขณะปรับปรุงกระบวนการ

5.4.3 เปรียบเทียบรอบเวลาการผลิตและอัตราการผลิตก่อนและหลังการปรับปรุง

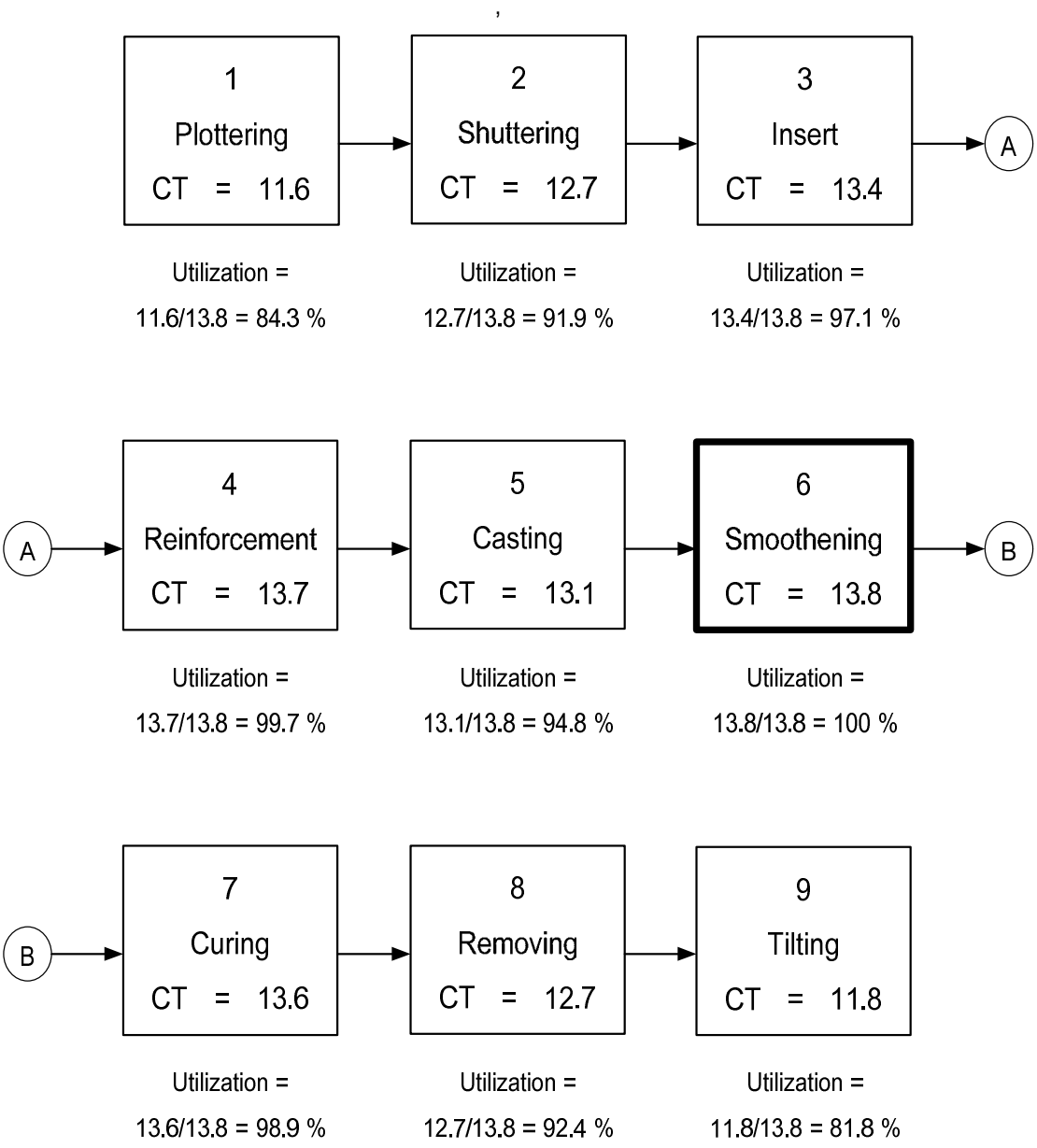
จากรูปที่ 5.19 แสดงสถานีคอขวดหลังการปรับปรุง พบว่าหลังการปรับปรุงกระบวนการผลิต ทำให้รอบเวลาการผลิตลดลงเหลือ 13.8 นาที/โต๊ะงาน อัตราการผลิตเพิ่มขึ้นเป็น 2,278 โต๊ะงาน หรือ 207 หลัง/เดือนโดยเฉลี่ย กำลังการผลิตมีค่าร้อยละ 69 ของกำลังการผลิตตามการออกแบบโรงงาน และสถานีที่เป็นคอขวด คือสถานี Smoothening

และเมื่อเปรียบเทียบกับเวลาการผลิตก่อนปรับปรุงพบว่า อัตรารอบเวลาการผลิตลดลงจากเดิม 17 เป็น 13.8 นาที/โต๊ะงาน คิดเป็นกำลังการผลิตเพิ่มขึ้น จากเดิม 56 เป็น 69 ของกำลังการผลิตตามการออกแบบโรงงาน คิดเป็นร้อยละ 23.2 % ซึ่งยังไม่บรรลุเป้าหมายตามที่ปัจจุบันตั้งไว้ที่ร้อยละ 80 ดังรูปที่ 5.20

5.4.4 แนวทางในการพัฒนาเพื่อบรรลุเป้าหมายในอนาคต

เมื่อเปรียบเทียบรอบเวลาการผลิตและเป้าหมายในอนาคต ดังรูปที่ 5.21 พบว่า รอบเวลาการผลิตของกระบวนการผลิตที่อิงเวลาที่ใช้ในปัจจุบัน (ก่อนปรับปรุง) มีรอบเวลาการผลิต 17 นาที/โต๊ะงาน หลังปรับปรุงมีรอบเวลาการผลิต 13.8 นาที/โต๊ะงาน เมื่อเทียบกับที่อิงจากเวลามาตรฐานประเมิน คือ 13.3 นาที/โต๊ะงาน ซึ่งถ้าต้องการผลิตให้ได้ตามเป้าหมายโรงงานในปัจจุบันและอนาคตที่โรงงานต้องการอัตราการผลิตร้อยละ 80 และ 100 ของกำลังการผลิตตามการออกแบบโรงงาน สายการผลิตต้องลดเวลาในการผลิตให้เหลือเป็น 11.9 นาที/โต๊ะงาน และ 9.5 นาที/โต๊ะงาน ตามลำดับ

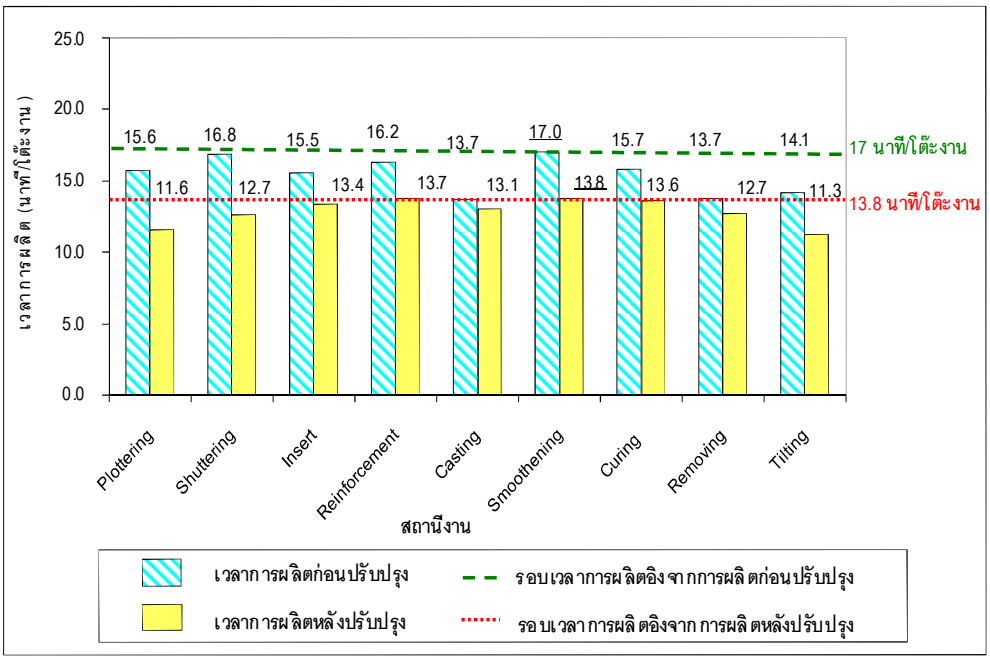
ดังนั้น หลังการปรับปรุงกระบวนการผลิต อัตราการผลิตของโรงงานมีค่าเท่ากับร้อยละ 69 ของกำลังการผลิตตามการออกแบบโรงงาน และเมื่อพิจารณาระดับชั่วโมงการทำงานต่อเดือน เพื่อเป็นแนวทางการพัฒนาให้บรรลุเป้าหมายในอนาคต (Road Map) ที่กำลังการผลิตในอนาคตและปัจจุบันร้อยละ 100 และ 80 ของกำลังการผลิตตามการออกแบบของโรงงานต้องควบคุมรอบเวลาการผลิตอยู่ในช่วง 9.2 – 10 และ 11.5 – 12.5 นาที/โต๊ะงาน ตามลำดับ ดังรูปที่ 5.22



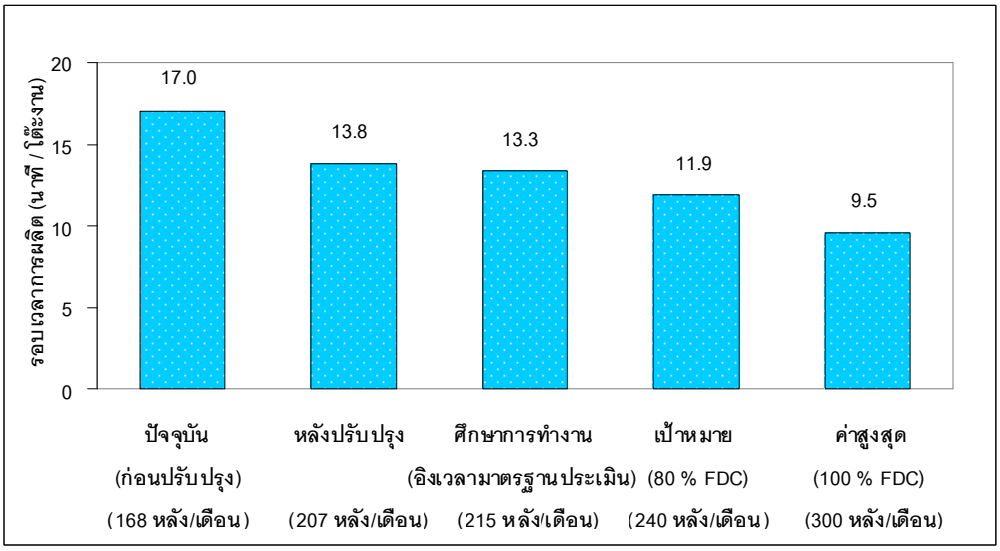
สถานีคอขวด คือ สถานีที่ 6 Smoothening

CT = Cycle Time **หมายถึงรอบเวลาการผลิต มีหน่วยเป็น นาที/โต๊ะงาน**

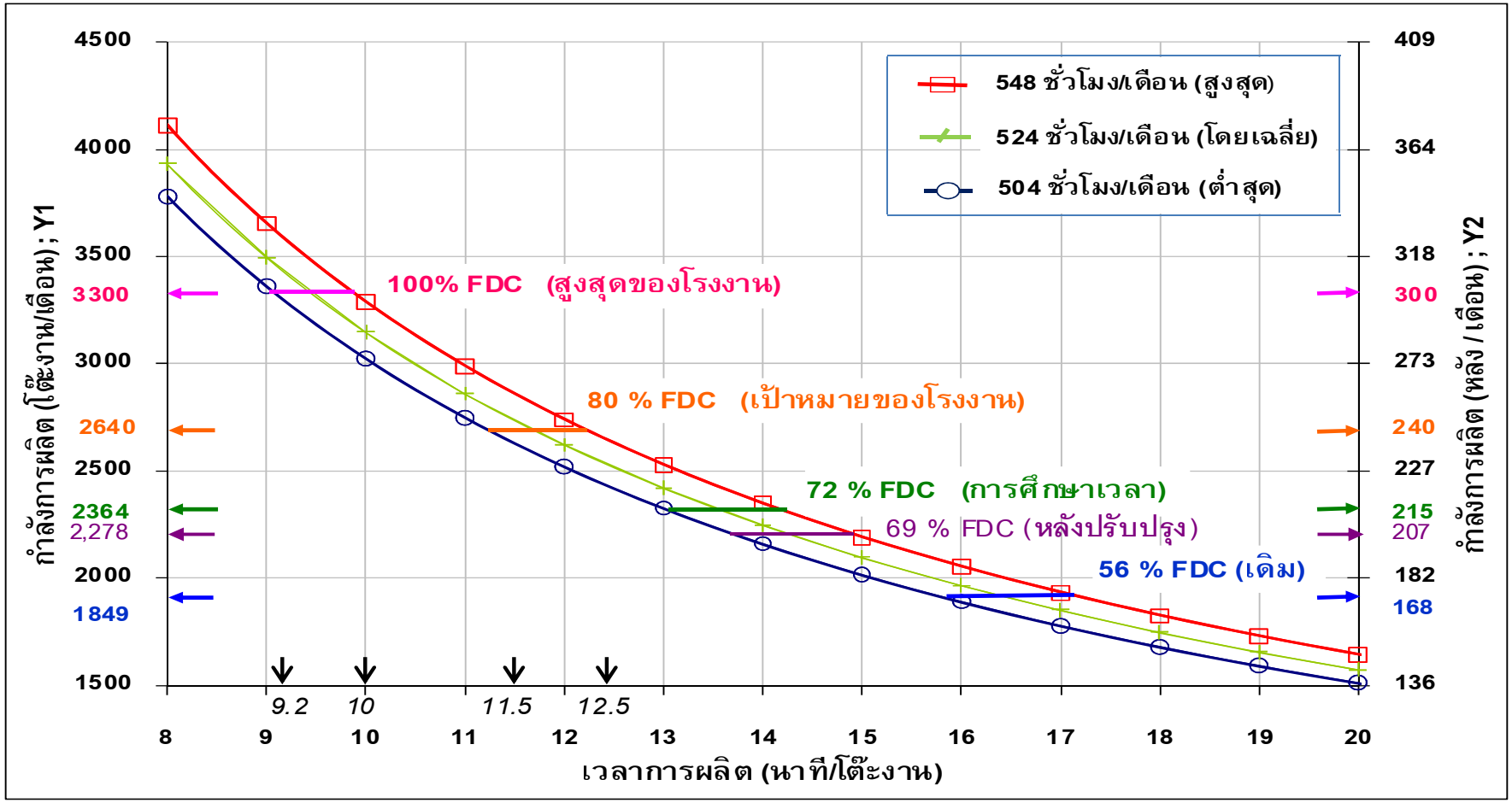
รูปที่ 5.19 แสดงสถานีคอขวดหลังการปรับปรุง



รูปที่ 5.20 เปรียบเทียบเวลาการผลิตของสถานีงานต่างๆ
ระหว่างเวลาการผลิตก่อนและหลังการปรับปรุง



รูปที่ 5.21 เปรียบเทียบรอบเวลาการผลิตและเป้าหมายโรงงาน



หมายเหตุ : FDC คือ กำลังการผลิตตามการออกแบบของโรงงาน (Factory Designed Capacity; FDC)

รูปที่ 5.22 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาการผลิตและกำลังการผลิตที่ระดับชั่วโมงการทำงานต่างๆ ต่อเดือน และที่ระดับร้อยละต่างๆ ของ FDC

5.5 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อเวลาการทำงานของแต่ละสถานีงาน

ผลของการศึกษาเวลาการทำงานของเวลาการทำงานพื้นฐานในแต่ละสถานีงานย่อย ทำให้สามารถนำมาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่มีผลต่อเวลาการทำงานกับระยะเวลาการทำงาน เพื่อนำปัจจัยนั้นๆ มาสร้างสมการถดถอยพยากรณ์ระยะเวลาการทำงาน ดังนี้

1. ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่ส่งผลให้เกิดความล่าช้าในการทำงานกับระยะเวลาการทำงานของแต่ละสถานีงาน

พิจารณาเวลาการทำงานหลัก (Main Job Time) ที่เป็นเวลาที่จำเป็นในการทำงานหลักของสถานีงานนั้น ซึ่งถ้ากล่าวอีกนัยหนึ่งก็คือปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อเวลาการทำงานที่ทำให้เกิดความล่าช้าในสถานีงานนั้นเป็นตัวกำหนดเวลาทำงาน ดังแสดงในตารางที่ 5.15

ตารางที่ 5.15 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อเวลาการทำงานของแต่ละสถานีงาน

ขั้นตอนที่	สถานีงาน	ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อเวลาทำงาน
1	Plottering	รายละเอียดบนโต๊ะงาน
2	Shuttering	จำนวนแบบกั้นข้าง
3	Insert	อุปกรณ์ที่ใช้ในการติดตั้งตามแบบที่วาดไว้ในขั้นตอนที่ 1
		1. หน้าต่างประกอบ หรือ
		2. หน้าต่างสำเร็จรูป หรือ
		3. ประตูประกอบ หรือ
		4. วงกบประตูสำเร็จรูป หรือ
		5. แบบกั้นข้างประกอบ
4	Reinforcement	1. จำนวนแผ่นชิ้นงานบนโต๊ะงาน
		2. จำนวนจุดของการผูกที่วัสดุฝัง
5 & 6	Casting & Smoothening	1. เวลาการแข็งตัวของคอนกรีต (Setting Time)
		2. เวลาลงใบพัด ลงฟองน้ำ และทำความสะอาด
7	Curing	เวลาการบ่มของคอนกรีต
8	Removing	จำนวนแบบกั้นข้าง
9	Tilting	จำนวนแผ่นชิ้นงานบนโต๊ะงาน

2. วิเคราะห์ความถดถอยและสหสัมพันธ์

การวิเคราะห์ความถดถอยและสหสัมพันธ์เป็นการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของตัวแปรว่ามีความสัมพันธ์กันมากน้อยเพียงใด โดยในงานวิจัยนี้กำหนดให้ ตัวแปร Y คือ ระยะเวลาการทำงานตัวแปร x คือ จำนวนวัสดุและอุปกรณ์ ดังนั้นจึงทดสอบความสัมพันธ์ว่า ถ้าจำนวนวัสดุและอุปกรณ์มีค่าเปลี่ยนแปลงไปจะมีผลกระทบต่อค่าของระยะเวลาทำงานหรือไม่ ดังนี้

1) วิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย (Simple Linear Regression Analysis)

นำตัวแปร Y คือ ระยะเวลาการทำงาน กับตัวแปร x คือ จำนวนวัสดุและอุปกรณ์ มาวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย ดังตารางที่ 5.16

ตารางที่ 5.16 สมการถดถอยเชิงเส้นของสถานีต่างๆ

สถานีงาน	สมการถดถอยเชิงเส้น	Predictor (X)	R^2 (%)	Adjusted R^2 (%)
Shuttering	$Y = 1.71X_1 - 3.73$	X_1	100	99.9
Reinforcement	$Y = 2.02X_2 + 8.56$	X_2	100	100
	$Y = 0.24X_3 - 0.03$	X_3	100	100
Removing	$Y = 0.74X_1 + 0.80$	X_1	99.8	99.7
Tilting	$Y = 1.59X_2 + 6.04$	X_2	100	100

เมื่อ Y คือ ระยะเวลาทำงาน (นาที)

X_1 คือ จำนวนแบบกั้นข้าง

X_2 คือ จำนวนแผ่นชิ้นงานบนโต๊ะงาน

X_3 คือ จำนวนจุดของการผูกที่วัสดุฝัง

จากตารางที่ 5.16 การวิเคราะห์สัมประสิทธิแสดงการตัดสินใจ (R^2) พบว่า R^2 มีค่าเข้าใกล้ 1 แสดงว่า เปอร์เซนต์ที่จำนวนวัสดุและอุปกรณ์ สามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงของระยะเวลาทำงานมีค่ามาก หรือ จำนวนวัสดุและอุปกรณ์ และ ระยะเวลาทำงาน มีความสัมพันธ์กันมากและค่า Adjusted R^2 ใกล้เคียงกับ R^2 แสดงว่า จำนวนข้อมูลเพียงพอต่อการตัดสินใจนำไปวิเคราะห์

2) การวิเคราะห์สัมประสิทธิสหสัมพันธ์

สหพันธ์เป็นการดูว่าจำนวนวัสดุและอุปกรณ์ และ ระยะเวลาทำงาน มีความสัมพันธ์กันมากน้อยเพียงไร ค่าที่ใช้วัดความสัมพันธ์นี้ เรียกว่า สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (ρ) และต้องหาต่อว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหรือไม่ โดยทำการการทดสอบความมีนัยสำคัญของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของสิ่งตัวอย่างว่าแตกต่างจากศูนย์หรือไม่ ถ้าหากมีความแตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญ แสดงว่าตัวแปรสุ่มทั้ง 2 ตัวมีความสัมพันธ์กัน ระดับนัยสำคัญที่ทดสอบกำหนดไว้ที่ 0.05 และช่วงความเชื่อมั่น 95 % โดยมีสมมติฐานสำหรับการทดสอบ ดังข้างล่างนี้ และผลดังตารางที่ 5.17

H_0 : สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ = 0

H_1 : สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ $\neq$ 0

ตารางที่ 5.17 ผลการทดสอบสัมประสิทธิสหสัมพันธ์ในสถานีต่างๆ

สถานีงาน	Predictor (X)	Pearson correlation of X and Y	P-Value
Shuttering	จำนวนแบบกั้นข้าง (ชิ้น)	1.000	0.012
Reinforcement	จำนวนแผ่นชิ้นงานบนโต๊ะงาน (ชิ้น)	1.000	0.005
	จำนวนจุดของการผูกที่วัสดุฝัง (จุด)	1.000	0.006
Removing	จำนวนแบบกั้นข้าง (ชิ้น)	0.999	0.027
Tilting	จำนวนแผ่นชิ้นงานบนโต๊ะงาน (ชิ้น)	1.000	0.000

หมายเหตุ Response (Y) คือ ระยะเวลาทำงาน (นาที)

จากตารางที่ 5.17 ค่า P-Value ถ้ามีค่าน้อยกว่า 0.05 แสดงว่า มีความแตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญ ด้วยความเชื่อมั่น 95 % นั้นคือ จำนวนวัสดุและอุปกรณ์กับระยะเวลาการทำงานมีความสัมพันธ์กัน

3) การทดสอบสัมประสิทธิความถดถอยโดยใช้การวิเคราห์ความแปรปรวน

การทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างค่า X และ Y ว่าอยู่ในรูปสมการเส้นตรง สามารถวิเคราะห์ด้วยการทดสอบค่าสัมประสิทธิความถดถอยโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน นั้นคือจะพิจารณาว่าการที่ค่าของ Y มีค่าไม่คงที่ เนื่องจาก Y มีความสัมพันธ์กับ X เมื่อค่าของ X เปลี่ยนไปจะมีผลทำให้ค่าของ Y เปลี่ยนไปด้วยและค่าของ Y เปลี่ยนแปลงเนื่องจากอิทธิพลของ

ปัจจัยอื่นๆ นอกจาก X ระดับนัยสำคัญที่ต้องการทดสอบสมมุติฐานในงานวิจัยนี้กำหนดไว้ที่ 0.05 และช่วงความเชื่อมั่น 95 % โดยมีสมมติฐานสำหรับการทดสอบ ดังข้างล่างนี้และผลดังตารางที่ 5.18 ถึง 5.22

H_0 : ค่าสัมประสิทธิความถดถอย = 0

H_1 : ค่าสัมประสิทธิความถดถอย ≠ 0

ตารางที่ 5.18 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของแบบจำลองสมการถดถอยของสถานี Shuttering

Source of Variation	Degree of Freedom	Sum of Square	Mean Square	F_0	P-Value
Regression	1	13.646	13.646	3008.33	0.012
Residual Error	1	0.005	0.005		
Total	2	13.650			

ตารางที่ 5.19 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของแบบจำลองสมการถดถอยของสถานี Reinforcement จำนวนแผ่นชิ้นงานบนโต๊ะงาน

Source of Variation	Degree of Freedom	Sum of Square	Mean Square	F_0	P-Value
Regression	1	10.881	10.881	13601.33	0.005
Residual Error	1	0.001	0.001		
Total	2	10.882			

ตารางที่ 5.20 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของแบบจำลองสมการถดถอยของสถานี Reinforcement จำนวนจุดของการผูกที่วัสดุฝัง

Source of Variation	Degree of Freedom	Sum of Square	Mean Square	F_0	P-Value
Regression	1	0.27524	0.27524	9633.33	0.006
Residual Error	1	0.00003	0.00003		
Total	2	0.27527			

ตารางที่ 5.21 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของแบบจำลองสมการถดถอยของสถานี Removing

Source of Variation	Degree of Freedom	Sum of Square	Mean Square	F_0	P-Value
Regression	1	2.5505	2.5505	571.32	0.027
Residual Error	1	0.0045	0.0045		
Total	2	2.5550			

ตารางที่ 5.22 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของแบบจำลองสมการถดถอยของสถานี Tilting

Source of Variation	Degree of Freedom	Sum of Square	Mean Square	F_0	P-Value
Regression	1	5.0721	5.0721	11043937.80	0.000
Residual Error	1	0.0000	0.0000		
Total	2	5.0721			

จากตารางที่ 5.18 - 5.22 ค่า P-Value มีค่าน้อยกว่า 0.05 แสดงว่า มีความแตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญ ด้วยความเชื่อมั่น 95 % นั้นคือ จำนวนวัสดุและอุปกรณ์กับระยะเวลาการทำงานมีความสัมพันธ์กัน

ดังนั้นจึงสรุปผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อเวลาการทำงานในแต่ละสถานีงานกับระยะเวลาการทำงาน ดังตารางที่ 5.23 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อเวลาการทำงานในแต่ละสถานีงาน และสามารถแบ่งการวิเคราะห์เวลาการทำงานได้เป็น 2 ส่วนคือ

1. สถานีงานที่ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อเวลาการทำงานระยะเวลาการทำงานนั้นเป็นเวลาเฉลี่ย ได้แก่ สถานี Plottering Insert Casting Smoothening และ Curing
2. สถานีงานที่ปัจจัยหรือตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อเวลาการทำงานระยะเวลาการทำงานนั้นมีผลต่อจำนวนวัสดุและอุปกรณ์ ได้แก่ สถานี Shuttering Reinforcement Removing และ Tilting

ตารางที่ 5.23 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อเวลาการทำงานในแต่ละสถานีงาน

ขั้นตอนที่	สถานีงาน	ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อเวลาทำงาน	สัญลักษณ์ของตัวแปร	ระยะเวลาการทำงาน (นาที)	R^2
1	Plottering	รายละเอียดบนโต๊ะงาน	C	8.6 ± 0.3	
2	Shuttering	จำนวนแบบกั้นข้าง	X_1	$Y = 1.71X_1 - 3.73$	1
3	Insert	อุปกรณ์ที่ใช้ในการติดตั้งตามแบบที่วาดไว้ในขั้นตอนที่ 1			
		1. หน้าต่างประกอบ หรือ	C	10.3 ± 0.3	
		2. หน้าต่างสำเร็จรูป หรือ	C	5.3 ± 1.9	
		3. ประตูประกอบ หรือ	C	9.9 ± 1.7	
		4. วงกบประตูสำเร็จรูป หรือ	C	7.9	
		5. แบบกั้นข้างประกอบ	C	14.6	
4	Reinforcement	1. จำนวนแผ่นชิ้นงานบนโต๊ะงาน	X_2	$Y = 2.02X_2 + 8.56$	1
		2. จำนวนจุดของการผูกที่วัสดุฝัง	X_3	$Y = 0.24X_3 - 0.03$	1
5&6	Casting & Smoothening	1. เวลาการแข็งตัวของคอนกรีต (Setting Time)	C	170.3	
		2. เวลาลงใบพัด ลงฟองน้ำ และทำความสะอาด	C	14.1	
7	Curing	เวลาการบ่มของคอนกรีต	C	480	
8	Removing	จำนวนแบบกั้นข้าง	X_1	$Y = 0.74X_1 + 0.80$	1
9	Tilting	จำนวนแผ่นชิ้นงานบนโต๊ะงาน	X_2	$Y = 1.59X_2 + 6.04$	1

เมื่อ Y คือ ระยะเวลาทำงาน (นาที)

X_1 คือ จำนวนแบบกั้นข้าง

X_2 คือ จำนวนแผ่นชิ้นงานบนโต๊ะงาน

X_3 คือ จำนวนจุดของการผูกที่วัสดุฝัง

C คือ ค่าคงที่ของเวลา

บทที่ 6
การวิเคราะห์และอภิปรายผล

จากผลการศึกษาการวิเคราะห์กำลังการผลิต สามารถวิเคราะห์และอภิปรายผลการศึกษาได้เป็นประเด็นดังนี้

6.1 การศึกษารอบเวลาการผลิตก่อนปรับปรุง

6.1.1 การศึกษาเวลาการทำงาน

6.1.2 การประเมินเวลามาตรฐาน

6.1.3 การสำรวจเวลาที่ใช้ในแต่ละสถานีงานในปัจจุบัน

6.2 การคำนวณกำลังการผลิตที่อิงจากเวลามาตรฐานประเมินและอิงจากเวลาที่ใช้ในปัจจุบัน

6.3 การเปรียบเทียบรอบเวลาการผลิตและกำลังการผลิตที่อิงจากเวลามาตรฐานประเมินและอิงจากเวลาที่ใช้ในปัจจุบัน

6.4 ผลการปรับปรุงเพื่อเพิ่มอัตราการผลิต

6.4.1 การวิเคราะห์หาสาเหตุความล่าช้าของกระบวนการผลิตก่อนการปรับปรุง

6.4.2 การนำเสนอและประยุกต์แนวทางการปรับปรุง

6.4.3 การเปรียบเทียบผลของรอบเวลาการผลิตและอัตราการผลิตก่อนและหลังการปรับปรุง

6.1 การศึกษารอบเวลาการผลิตก่อนปรับปรุง

6.1.1 การศึกษาเวลาการทำงาน

การศึกษาการทำงาน โดยการเก็บรวบรวมข้อมูลเวลา ดังนี้

1. การบันทึกเวลาจากวีดีโอ เวลาที่ได้คือ เวลาการทำงานพื้นฐาน เวลาสูญเปล่าในระหว่างการทำงาน เวลารอเพื่อส่งมอบสถานีถัดไปและเวลาเคลื่อนย้ายของโต๊ะระหว่างสถานีในระบบรางเลื่อน
2. การเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการบันทึกเวลาการหยุดและเคลื่อนที่ของโต๊ะงานระหว่างสถานีงานจนถึงขั้นตอนการผลิตสุดท้าย โดยระบบคอมพิวเตอร์ เวลา

ที่ได้ คือ เวลาเคลื่อนย้ายของโต๊ะระหว่างสถานีนอกระบบรางเลื่อน และ เวลารวมในการผลิตระหว่างสถานีในระบบรางเลื่อน

ซึ่งผลของการศึกษาเวลาที่ได้เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับผลรวมของเวลาทั้งหมด จะพบว่า เวลาการทำงานพื้นฐาน คิดเป็น 63.5 % ของเวลาทั้งหมด เวลารอเพื่อส่งมอบไปยังสถานีถัดไป คิดเป็น 31.0 % ของเวลาทั้งหมด เวลาสูญเปล่าในระหว่างการทำงาน คิดเป็น 3.3 % ของเวลาทั้งหมด และเวลาการเคลื่อนย้ายโต๊ะงานระหว่างสถานีในระบบและนอกระบบรางเลื่อน คิดเป็น 0.7 % และ 1.5 % ตามลำดับ ของเวลาทั้งหมด ซึ่งเห็นได้ว่า สัดส่วนของเวลาสูญเปล่าทั้งหมดรวมกันเป็นครึ่งหนึ่งของเวลาการทำงาน และความล่าช้าของกระบวนการผลิตเกิดจากเวลารอเพื่อส่งมอบไปยังสถานีถัดไป ดังนั้นการลดเวลารอตรงส่วนนี้ได้ เวลาการทำงานก็จะเพิ่มขึ้นทำให้อัตราการผลิตเพิ่มขึ้นด้วย

6.1.2 การประเมินเวลามาตรฐาน

การประเมินเวลามาตรฐาน เพื่อให้ทราบว่าเวลามาตรฐานของโรงงานที่ควรเป็น ด้วยการบันทึกเวลาการทำงานจากวีดีโอ ศึกษาเฉพาะการทำงานหลักเท่านั้น พบว่า เวลามาตรฐานในแต่ละสถานีงานมีค่าแตกต่างกันมาก ส่งผลให้รอบเวลาการผลิตในแต่ละสถานีแตกต่างกันมากเช่นกัน โดยสถานี Reinforcement มีค่าสูงสุดเท่ากับ 13.3 นาที/โต๊ะงาน และสถานี Curing มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 5.1 นาที/โต๊ะงาน ทำให้เกิดความไม่สมดุลเวลาของสายการผลิต ดังนั้นการที่สายการผลิตเกิดสมดุลเวลา ก็เป็นการลดเวลารอได้

6.1.3 การสำรวจเวลาที่ใช้ในแต่ละสถานีงานในปัจจุบัน

การสำรวจเวลาที่ใช้ในแต่ละสถานีงานในปัจจุบัน ด้วยการเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการบันทึกเวลาการหยุดและเคลื่อนที่ของโต๊ะงานระหว่างสถานีงานจนถึงขั้นตอนการผลิตสุดท้าย โดยระบบคอมพิวเตอร์ พบว่า สถานี Smoothening มีรอบเวลาการผลิตสูงสุด คือ 17 นาที/โต๊ะงาน และสถานี Casting และ Removing มีรอบเวลาการผลิตต่ำสุด คือ 13.7 นาที/โต๊ะงาน ยังพบว่ารอบเวลาการผลิตของแต่ละสถานีงานมีความแตกต่างกัน จึงเกิดความไม่สมดุลเวลาของสายการผลิต ดังนั้นทางโรงงานควรปรับลดรอบเวลาการผลิต เพื่อให้สายการผลิตเกิดความสมดุลมากขึ้น

6.2 การคำนวณกำลังการผลิตที่อิงจากเวลามาตรฐานประเมินและอิงจากเวลาที่ใช้ในปัจจุบัน

รอบเวลาผลิตที่อิงจากเวลามาตรฐานประเมิน มีค่าเท่ากับ 13.3 นาที/โต๊ะงาน คิดเป็นอัตราการผลิต 2,364 โต๊ะงาน/เดือนโดยเฉลี่ย หรือ 215 หลัง/เดือนโดยเฉลี่ย คิดเป็นร้อยละ 72 ของกำลังการผลิตตามการออกแบบโรงงาน ขณะที่รอบเวลาการผลิตที่อิงจากเวลาที่ใช้ในปัจจุบัน อัตราการผลิต 1,849 โต๊ะงาน/เดือนโดยเฉลี่ย หรือ 168 หลัง/เดือนโดยเฉลี่ย คิดเป็นร้อยละ 56 ของกำลังการผลิตตามการออกแบบโรงงาน ซึ่งพบว่ายังไม่ได้ตามเป้าหมายโรงงาน ซึ่งถ้าต้องการผลิตให้ได้ตามเป้าหมายโรงงานในปัจจุบันและอนาคตที่โรงงานต้องการอัตราการผลิตร้อยละ 80 และ 100 ของกำลังการผลิตตามการออกแบบโรงงาน สายการผลิตต้องลดเวลาในการผลิตให้เหลือเป็น 11.9 นาที/โต๊ะงาน และ 9.5 นาที/โต๊ะงาน ตามลำดับ

6.3 การเปรียบเทียบรอบเวลาการผลิตและกำลังการผลิตที่อิงจากเวลามาตรฐานประเมินและอิงจากเวลาที่ใช้ในปัจจุบัน

6.3.1 เปรียบเทียบรอบเวลาการผลิต

การเปรียบเทียบรอบเวลาการผลิตที่อิงจากเวลามาตรฐานประเมินและจากเวลาที่ใช้ในปัจจุบัน มีค่าเท่ากับ 13.3 และ 17 นาที/โต๊ะงาน ตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบในแต่ละสถานีงาน พบว่า เกิดส่วนต่างของเวลาขึ้นซึ่งก็คือเวลาสูญเปล่า แสดงว่ายังสามารถปรับลดรอบเวลาการผลิตลงได้ ดังนั้นควรลดเวลาสูญเปล่าลง เพื่อให้มีรอบเวลาการผลิตเท่ากับที่อิงจากเวลามาตรฐานประเมิน

6.3.2 เปรียบเทียบประสิทธิภาพ

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพที่อิงจากเวลามาตรฐานประเมินและจากเวลาที่ใช้ในปัจจุบัน มีค่าเท่ากับ 65.7 % แสดงให้เห็นว่า การใช้ทรัพยากรในการผลิตของเวลาที่ใช้ในปัจจุบันนั้นใช้ไม่เต็มที่เมื่อเทียบกับเวลามาตรฐานประเมิน ดังนั้นควรบริหารจัดการพนักงาน เครื่องจักร วัสดุและอุปกรณ์ให้พร้อมสำหรับการผลิต เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต

6.3.3 เปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิของความผันแปร

ค่าสัมประสิทธิ์ของความผันแปรของสถานีงานที่ใช้เครื่องจักรและกระบวนการทางเคมีประกอบไปด้วยสถานี Plottering Casting Smoothening และ Curing พบว่า มีค่าสัมประสิทธิ์ของความผันแปรที่อิงจากเวลามาตรฐานประเมินและจากเวลาที่ใช้ในปัจจุบัน เท่ากับ 3.4 ± 3.7 %

และ 17.1 ± 5.5 % ตามลำดับ ขณะที่ค่าสัมประสิทธิของความผันแปรของสถานีงานที่พนักงานทำงาน ประกอบไปด้วยสถานี Shuttering Insert Reinforcement Removing และ Tilting พบว่า มีค่าสัมประสิทธิ์ของความผันแปรที่อิงจากเวลามาตรฐานประเมินและจากเวลาที่ใช้ในปัจจุบัน เท่ากับ 15.2 ± 5.3 % และ 29.0 ± 17.8 % ตามลำดับ โดยที่ทั้งสองมีความแตกต่างกันอยู่ 12 %โดยจะพบว่า ค่าสัมประสิทธิ์ของความผันแปรของสถานีงานที่ใช้เครื่องจักรและกระบวนการทางเคมีมีค่าน้อยกว่าสถานีงานที่พนักงานทำงาน นั้นก็แสดงว่า สถานีที่พนักงานทำงานมีความผันแปรของเวลามากกว่าสถานีงานที่ใช้เครื่องจักรและกระบวนการทางเคมี

6.4 ผลการปรับปรุงเพื่อเพิ่มอัตราการผลิต

6.4.1 การวิเคราะห์หาสาเหตุความล่าช้าของกระบวนการผลิตก่อนการปรับปรุง

จากการศึกษาเวลาการทำงานจะพบว่า สาเหตุความล่าช้าของกระบวนการผลิตเกิดจากเวลารอเพื่อส่งมอบไปยังสถานีถัดไป นั้นก็แสดงว่าในแต่ละสถานีทำงานเสร็จไม่พร้อมกันทำให้เกิดเป็นความสูญเปล่าขึ้นในแต่ละสถานีงาน โดยสามารถสรุปสาเหตุของความสูญเปล่าจากการบริหารจัดการ ได้แก่ (1) รอรับและรอส่งโต๊ะงานจากสถานีก่อนหน้าและสถานีถัดไป ตามลำดับ (2) รอวัสดุอุปกรณ์เพื่อการทำงานในสถานีงาน (3) มีงานภายนอกปะปนกับงานภายใน (4) รอการแข็งตัวของคอนกรีต (5) วิธีการทำงานที่ไม่เหมาะสม และ (6) ไม่มีการอบรมพนักงงานข้ามสายงาน

และนอกจากนี้เมื่อพิจารณาสัดส่วนเวลาการทำงาน เวลาเคลื่อนย้ายโต๊ะงานระหว่างสถานีงาน และเวลาสูญเปล่า พบว่า สถานีที่ใช้เครื่องจักรและกระบวนการทางเคมีจะมีสัดส่วนเวลาการทำงานมากว่าสถานีที่ใช้พนักงงานทำงาน ขณะที่สถานีที่ใช้พนักงงานทำงานจะมีสัดส่วนของเวลาเคลื่อนย้ายโต๊ะงานระหว่างสถานีงาน และเวลาสูญเปล่า มากกว่าสถานีที่ใช้เครื่องจักรและกระบวนการทางเคมี

6.4.2 การนำเสนอและประยุกต์แนวทางการปรับปรุง

การศึกษาการทำงาน พบว่า รอบเวลาการผลิตของแต่ละสถานีงานไม่เท่ากัน ส่งผลให้เกิดความไม่สมดุลของเวลาในสายการผลิตและเกิดความสูญเปล่าขึ้น ดังนั้น จึงปรับปรุงแก้ไข โดยการปรับปรุงวิธีการทำงาน เพื่อลดเวลาสูญเปล่าของพนักงาน และจัดสมดุลในสายการผลิต โดยให้เวลาในแต่ละสถานีงานใกล้เคียงกัน ด้วยการปรับภาระงานให้เท่ากัน

ซึ่งมีการปรับปรุง คือ การปรับลดรอบเวลาการผลิตที่อิงจากเวลาที่ใช้ในปัจจุบันให้ลดลงเท่ากับที่อิงจากเวลามาตรฐานประเมิน ดังนั้นการปรับปรุงจะเลือกจากสถานีงานที่เป็นคอขวดมาปรับปรุงก่อนหรือมีรอบเวลาการผลิตมากกว่า 13.3 นาที/โต๊ะงาน คือ Plottering Shuttering Insert Reinforcement Smoothening Curing และTiling

การลดความล่าช้าของกระบวนการผลิต โดยการลดความสูญเปล่า ได้แก่ (1) ควบคุมการผลิตให้ทันเวลากับความต้องการของสถานีก่อนหน้าและสถานีถัดไป (2) การบริหารจัดการหน่วยงานย่อย ให้มีการจัดเตรียมประกอบอุปกรณ์ให้พร้อมการผลิต (3) แยกหน้าที่การทำงานในส่วนของงานภายนอกและงานภายในให้ชัดเจน (4) ปรับปรุงวิธีการทำงานใหม่ให้ถูกต้องตามหลักการทำงานที่ดี และ (5) ฝึกอบรมพนักงานข้ามสายงาน เพื่อเพิ่มความยืดหยุ่นในสายการผลิต ทั้งนี้ไม่ได้มีการปรับสูตรคอนกรีตให้แข็งตัวเร็วขึ้น เนื่องจากต้องลงทุนมากเพื่อให้รอบเวลาการผลิตลดลงซึ่งไม่คุ้มกับการลงทุน

6.4.3 การเปรียบเทียบผลของรอบเวลาการผลิตและอัตราการผลิตก่อนและหลังการปรับปรุง

หลังการปรับปรุงรอบเวลาการผลิตลดลงจากเดิม 17 เป็น 13.8 นาที/โต๊ะงาน อัตราการผลิตเพิ่มขึ้นจาก 1,849 เป็น 2,278 โต๊ะงาน และผลิตบ้านได้เพิ่มขึ้นจากเดิม 168 เป็น 207 หลัง/เดือนโดยเฉลี่ย คิดเป็นกำลังการผลิตเพิ่มขึ้นจากเดิม 56 เป็น 69 ของกำลังการผลิตตามการออกแบบโรงงาน คิดเป็นร้อยละ 23.2 % ซึ่งยังไม่บรรลุเป้าหมายตามที่ปัจจุบันตั้งไว้ที่ร้อยละ 80 ต้องมีรอบเวลาการผลิต 11.9 นาที/โต๊ะงาน

ทั้งนี้พบว่ารอบเวลาการผลิตหลังปรับปรุงมีค่าใกล้เคียงกับเวลามาตรฐานประเมิน เท่ากับ 13.8 และ 13.3 นาที/โต๊ะงาน ตามลำดับ นั้นแสดงว่ารอบเวลาการผลิตหลังการปรับปรุงใกล้เคียงกับที่โรงงานควรจะเป็น

ดังนั้นการที่จะทำให้ได้ตามเป้าหมายโรงงานควรที่จะลดความสูญเปล่าของกระบวนการผลิต ควรพิจารณาในเรื่องของเครื่องจักรและกระบวนการทางเคมี และออกแบบอุปกรณ์ (jig) เพื่อช่วยในการว่างอุปกรณ์ติดตั้ง และหลังจากนั้นปรับวิธีการทำงานใหม่ให้เหมาะสมและบันทึกการทำงานใหม่ทุกครั้งที่เป็นมาตรฐาน

บทที่ 7
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

7.1 สรุปผลการศึกษา

การศึกษาการวิเคราะห์กำลังการผลิตและขั้นตอนที่ทำให้เกิดความล่าช้า และการปรับปรุงเพื่อเพิ่มอัตราการผลิต สามารถสรุปเป็นข้อๆ ดังนี้

1. ปัจจุบันโรงงานตัวอย่างต้องการทราบเวลาที่ใช้ในการผลิตที่ควรเป็นของแต่ละสถานีและกำลังการผลิตที่ควรเป็นของโรงงาน และผลผลิตต่อเดือนในอดีตอยู่ที่ 168 หลังต่อเดือน หรือคิดเป็นร้อยละ 56 ของกำลังการผลิตตามการออกแบบโรงงาน ซึ่งมีความแตกต่างไปจากเป้าหมายที่โรงงานต้องการคือ 240 หลังต่อเดือน หรือคิดเป็นร้อยละ 80 ของกำลังการผลิตตามการออกแบบโรงงาน โดยค่าสูงสุดที่เครื่องจักรออกแบบไว้ควรทำได้ 300 หลังต่อเดือน เมื่อดำเนินการผลิต 524 ชั่วโมงทำงานต่อเดือน
2. จากการศึกษาเวลามาตรฐานประเมิน พบว่า โรงงานควรมีศักยภาพในการเพิ่มผลผลิตเป็นเดือนละ 215 หลังต่อเดือน หรือคิดเป็นร้อยละ 72 ของกำลังการผลิตตามการออกแบบโรงงาน
3. จากสาเหตุความสูญเสียเวลาทำงาน พบว่า ค่าสัมประสิทธิของความผันแปรของเวลาที่พนักงานทำงานเท่ากับ 29 % ขณะที่เวลาที่ใช้โดยเครื่องจักรและกระบวนการทางเคมี มีค่าเท่ากับ 17.1 % โดยทั้งสองมีความแตกต่างกันอยู่ที่ 12 %
4. สาเหตุความล่าช้าของกระบวนการผลิตก่อนการปรับปรุง ได้แก่ (1) รอรับและรอส่งโต๊ะงานจากสถานีงานก่อนหน้าและสถานีถัดไป ตามลำดับ (2) รอวัสดุและอุปกรณ์เพื่อการทำงาน (3) รอการแข็งตัวของคอนกรีต (4) มีงานภายนอกปะปนกับงานภายใน (5) วิธีการทำงานที่ไม่เหมาะสม และ (6) ไม่มีการอบรมพนักงานข้ามสายงาน
5. การปรับปรุงจะประยุกต์ใช้วิธีการปรับปรุงการทำงานและจัดสมดุลสายการผลิต โดยจะพิจารณาลดรอบเวลาการผลิต ด้วยการปรับลดรอบเวลาการผลิตที่อิงจากเวลาที่ใช้ในปัจจุบันให้เท่ากับที่อิงจากเวลามาตรฐานประเมิน ซึ่งสถานีคอขวด หรือมีรอบเวลาการผลิตมากกว่า 13.3 นาทีต่อโต๊ะงาน ได้แก่ สถานีกำหนดตำแหน่งอุปกรณ์ (Plottering) สถานีวางแบบกั้นข้าง (Shuttering) สถานีติดตั้งอุปกรณ์ (Insert) สถานี

วางโครงเหล็กเสริมความแข็งแรง (Reinforcement) สถานีขัดผิวหน้าคอนกรีต (Smoothening) สถานีบ่มคอนกรีต (Curing) และสถานียกชิ้นงานเก็บ (Tilting)

6. การนำเสนอและประยุกต์แนวทางการปรับปรุงเพื่อให้ได้ตามเป้าหมายโรงงานที่ร้อยละ 80 ของกำลังการผลิตตามการออกแบบโรงงาน ได้แก่ (1) ควบคุมการผลิตให้ทันเวลากับความต้องการของสถานีก่อนหน้าและสถานีถัดไป (2) บริหารจัดการหน่วยงานย่อย ให้มีการจัดเตรียมประกอบอุปกรณ์ให้พร้อมการผลิต (3) แยกหน้าที่การทำงานในส่วนของงานภายนอกและงานภายในให้ชัดเจน (4) ปรับปรุงวิธีการทำงานใหม่ให้ถูกต้องตามหลักการทำงานที่ดี และ (5) ฝึกอบรมพนักงานให้สามารถทำงานข้ามสายงานอื่นๆ ได้ เพื่อเพิ่มความยืดหยุ่นและความสามารถของพนักงานในสายการผลิต
7. อัตราการผลิตหลังปรับปรุง มีค่าเท่ากับ 2,278 โต๊ะงานต่อเดือน หรือ 207 หลังต่อเดือน ซึ่งเพิ่มขึ้นจากเดิมร้อยละ 56 เป็น 69 ของกำลังการผลิตตามการออกแบบโรงงาน คิดเป็นร้อยละ 23.2 ทั้งนี้ยังไม่ได้ตามเป้าหมายที่โรงงานกำหนดไว้
8. รอบเวลาการผลิตหลังปรับปรุงมีค่าใกล้เคียงกับที่อิงจากเวลามาตรฐานประเมิน มีค่าเท่ากับ 13.8 และ 13.3 นาที/โต๊ะงาน นั้นก็แสดงว่า รอบเวลาการผลิตใกล้เคียงกับที่โรงงานควรจะเป็น

ดังนั้น ผลของการศึกษาเวลาการทำงานในทุกสถานีงาน สามารถคำนวณรอบเวลาการผลิตและกำลังการที่อิงจากการศึกษาเวลามาตรฐานประเมิน และเวลาที่ใช้ในปัจจุบัน (ก่อนปรับปรุง) จากนั้นนำเวลาทั้งสองมาเปรียบเทียบกัน เพื่อหาสาเหตุความล่าช้าของกระบวนการผลิตและทำการปรับปรุงแก้ไข จากนั้นเปรียบเทียบเวลาการผลิตก่อนและหลังการปรับปรุง และพิจารณาเทียบกับเป้าหมายที่โรงงานตั้งไว้ จึงขอสรุปผลการวิจัย ดังแสดงในตารางที่ 7.1

ตารางที่ 7.1 สรุปรอบเวลาการผลิตและอัตราการผลิตของการวิจัย

	รอบเวลาการผลิต (นาที/โต๊ะงาน)	อัตราการผลิต (โต๊ะงาน/เดือน)	อัตราการผลิต (หลัง/เดือน)	ประสิทธิภาพโรงงาน (%)
100 % กำลังการผลิตตามการออกแบบโรงงาน	9.5	3,300	300	100
80 % กำลังการผลิตตามการออกแบบโรงงาน	11.9	2,640	240	80
เวลามาตรฐานประเมิน	13.3	2,364	215	72
เวลาที่ใช้ในปัจจุบัน (ก่อนปรับปรุง)	17.0	1,849	168	56
เวลาการผลิตหลังปรับปรุง	13.8	2,278	207	69

7.2 ปัญหาและอุปสรรคในงานวิจัย

ในการวิจัยนี้ พบปัญหาและอุปสรรค ดังนี้

1. ในโรงงานตัวอย่างมีการเข้าออกของพนักงานบ่อยครั้ง ความชำนาญในการทำงานของพนักงานในแต่ละคนไม่เท่ากัน รวมทั้งพนักงานทำงานไม่ถูกหลักการทำงานที่ดี ดังนั้น ก่อนการบันทึกเวลาจากกล้องถ่ายวีดีโอ ต้องทำความเข้าใจในเรื่องการจับเวลากับหัวหน้างานและพนักงาน เพื่อให้พนักงานทำงานในอัตราปกติที่เคยทำ และใช้อุปกรณ์การทำงานอย่างถูกวิธี
2. การบันทึกเวลาจากกล้องถ่ายวีดีโอใช้ขนาดตัวอย่าง 3 ตัวอย่าง/สถานีงาน เนื่องจากการเก็บตัวอย่างแบบบ้านถูกเลือกแบบบ้านแบบสุ่มโดยประกอบไปด้วยแบบบ้านซับซ้อน ปานกลาง และง่าย ดังนั้นจึงต้องรอให้ได้แบบบ้านที่ถูกเลือกดังกล่าว และใช้เวลาในการถ่ายวีดีโอนาน

3. ในวันที่มีการถ่ายวีดีโอ ต้องมีการจัดเตรียมอุปกรณ์ประกอบให้พร้อมจากสถานีงานประกอบ ไม่เช่นนั้นเมื่อทำการบันทึกการทำงานเวลารวมในการผลิตจะเกิดความคลาดเคลื่อนได้ เนื่องจากมีเวลานานเกินจริง

7.3 ข้อจำกัดในงานวิจัย

การวิเคราะห์กำลังการผลิตของโรงงานตัวอย่าง มีข้อจำกัดในงานวิจัย ดังนี้

1. เนื่องจากสมการการคำนวณรอบเวลาการผลิตที่อิงจากเวลามาตรฐานประเมิน ซึ่งจะพิจารณาจำนวนสถานีงานย่อย Bay และจำนวนหน่วยงานย่อย (U) มาจากกระบวนการผลิตจริงของโรงงานตัวอย่าง ดังนั้น การนำสมการไปใช้ในอุตสาหกรรมอื่นๆ ควรทำการศึกษาในเรื่องของกระบวนการผลิตเพิ่มเติม เพื่อให้เหมาะสมกับอุตสาหกรรมนั้น
2. การอ้างอิงการผลิตบ้าน 1 หลังประกอบไปด้วย 11 โต๊ะงานโดยเฉลี่ย อ้างอิงมาจากจำนวนแบบบ้านที่ขายได้เทียบกับจำนวนโต๊ะงานที่ผลิตได้ต่อเดือนในขณะทำการวิจัย ดังนั้นถ้ามียอดขายบ้านและจำนวนโต๊ะงานเปลี่ยนแปลงไป การอ้างอิงการผลิตบ้าน 1 หลังต้องเปลี่ยนแปลงจำนวนโต๊ะงานให้เหมาะสม

7.4 ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต

ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคตที่ควรปรับปรุง ดังนี้

1. สำหรับการปรับปรุงในอนาคตต้องปรับปรุงที่สถานีคอขวด หรือ มีรอบเวลาในการผลิตมากกว่า 11.9 นาทีต่อโต๊ะงาน ที่ร้อยละ 80 ของกำลังการผลิตตามการออกแบบโรงงาน ได้แก่ สถานี Shuttering Insert Reinforcement Smoothening Curing และ Removing
2. เนื่องจากในสถานี Insert มีประเภทชุดอุปกรณ์ประกอบมากเช่น อุปกรณ์เล็ก อุปกรณ์แท่ง และอุปกรณ์ติดตั้ง เป็นต้น ดังนั้นจึงควรจัดกลุ่มงานย่อยและอุปกรณ์ย่อยที่เป็นขั้นตอนต่อเนื่อง จากนั้นออกแบบอุปกรณ์ใหม่ เพื่อลดขั้นตอนการประกอบงานย่อยและให้ประกอบได้ง่ายขึ้น
3. ออกแบบจิก (jig) ตามขนาดของอุปกรณ์ประกอบ เพื่อวางและแยกประเภทอุปกรณ์ให้ง่ายต่อการทำงาน และยังเป็นการแยกไม่ให้งานภายในปะปนกับงานภายนอก
4. ในสถานี Reinforcement ขั้นตอนการผูกเหล็กเส้นจะเป็นขั้นตอนที่มีอิทธิพลต่อระยะเวลาการทำงานและใช้เวลานาน ดังนั้นจึงควรศึกษาและกำหนดมาตรฐานใน

ตำแหน่งที่ต้องผูกเหล็กเส้นใหม่ อาทิเช่น ออกแบบตระแกรงให้มีความถี่มากกว่าเดิม เพื่อลดจำนวนในการผูกเหล็กเส้น ทั้งนี้ต้องคำนึงถึงคุณภาพการรับน้ำหนัก

5. ในการปรับปรุงกระบวนการผลิตควรมีการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง และบันทึกเวลาการปฏิบัติงานที่เป็นมาตรฐานไว้ทุกครั้ง
6. ควรมีการประยุกต์ใช้ระบบการผลิตแบบดึงมาใช้ กล่าวคือ เมื่อกระบวนการผลิตสุดท้ายเริ่มผลิต ก็จะใช้ชิ้นส่วนที่เตรียมไว้ เมื่อใช้หมดก็จะไปดึงจากกระบวนการก่อนหน้า และที่กระบวนการก่อนหน้าก็ต้องมาผลิตชิ้นส่วนที่ขาดไป โดยไปดึงจากสถานีก่อนหน้าไปเรื่อยๆ และใช้ควบคู่กับระบบคัมบัง คือ ใช้เป็นป้าย ส่งสัญญาณไปยังกระบวนการที่อยู่ก่อนหน้าว่าเมื่อไหร่และอะไรที่จะผลิต เพื่อลดปัญหาการรอรับและรอส่งโต๊ะงาน และเป็นการลดความสูญเปล่าในกระบวนการผลิต

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

เทคโนโลยี. [Online] พฤกษา เรียลเอสเตท. Available from : www.ps.co.th

ธิดารัตน์ กังวาน. การลดเวลาผสมในกระบวนการผลิตครีมนวดผม. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2545.

นิพนธ์ สวัสดิ์ธนกิจ. การเพิ่มประสิทธิภาพของสายการประกอบกระบะท้ายรถบรรทุกขนาดเล็ก. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2549.

บ้านสำเร็จรูป.นิตยสารโฮมบายเออร์ไกด์ ฉบับเดือนมีนาคม 2548 [Online]. Available from : http://topicstock.pantip.com/home/topicstock/R3372033/R3372033.html

วิจิตร ตัณฑสุทธิ์, วันชัย ริจิรวนิช, จรูณ มหิทธาฟองกุล และ ชูเวช ชาญสง่าเวช. การศึกษาการทำงาน work study II O. พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2547.

วิจิตร ตัณฑสุทธิ์ และ สุวิทย์ บุณยวานิชกุล. การบริหารการผลิตขั้นต้น เล่ม 4 เรื่อง วิธีดำเนินการปรับปรุงงาน. กรุงเทพมหานคร : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2532.

วิทยา สุหฤทดำรง และ ยุพา กลอนกลาง. การผลิตแบบเซลลูล่าร์ Cellular Manufacturing One-Piece Flow for Workteams. กรุงเทพมหานคร : อี.ไอ.สแควร์ พับลิชชิ่ง, 2549

วันชัย ริจิรวนิช. การศึกษาการทำงาน หลักการและกรณีศึกษา. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2545.

ศุภชัย ชินประดิษฐสุข. การเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตขวดพลาสติกโดยกระบวนการรีดเป่า. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2545.

เสน่ห์ บุญรำไพ. การศึกษาเพื่อลดเวลาในการผลิต กรณีศึกษาสายการผลิตพู่เลย์ บริษัท ทีบีเค กรุงเทพ จำกัด. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2544.

สมโภชน์ กูลศิริศรีตระกูล. การเพิ่มผลผลิตของสายการประกอบโครงเสริมกันชนหน้า. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2543.

สุรภาส ลือสุขประเสริฐ. การเพิ่มผลผลิตกุ้งแช่เยือกแข็งในอุตสาหกรรมอาหารทะเล. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2543.

สุวิทย์ บุณยวานิชกุล และ เสรี เศวตเศรณี. การบริหารการผลิตชั้นกลาง เล่ม 4 เรื่อง จะวางแผนและควบคุมงานได้อย่างไร. กรุงเทพมหานคร : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2532.

อุดมรัศม์ หลายชูไทย. การจัดตารางการผลิตสำหรับโรงพิมพ์บรรจุภัณฑ์. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2545.

อนุชิต พิชญธาดา. การพัฒนาระบบการวางแผนความต้องการกำลังการผลิต กรณีศึกษาโรงงานผลิตแผ่นพิมพ์ลายวงจรไฟฟ้า. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2543.

ภาษาอังกฤษ

Bailey, B.D. and Liu, P.C.H. Electronics Manufacturing Company Hand Assembly Productivity Improvement [Online]. Available from : http://www.nait.org/jit/Articles/bail1198.pdf.

Ballard, G. Cycle time reduction in home building [Online]. Available from : http://cic.vtt.fi/lean/singapore/BallardFinal.pdf

Finch, B.J. Operation Now : Profitability Process Performance. Second Edition. New York : McGraw-Hill, 2006 : 486-488.

Heizer, J and Render, B. Operations Management. Eighth Edition. USA : Pearson Prentice Hall, 2006.

Martinich, J.S. Production and Operations Management : An Applied Modern Approach. USA : Wiley, 1997 : 252-254.

Oden, W.H, Langenwalter, A.G, and Lucier, A.R. Handbook of Material & Capacity Requirements Planning. New York : McGraw-Hill Inc.,1993.

Ozgurler, M., Guneri, F. Ali, Gulsun, B. A Simulation Approach to Line Balancing in Discrete Mass Production Flow System and an Application. Society of Manufacturing Engineers. 2003.

Reid, R.D. and Sanders, N.R. Operations Management. USA : Wiley, 2002 : 360-366.

Saraph, P.V. Shared Resource Capacity Analysis In Biotech Manufacturing. Winter Simulation Conference 2003 : 1247-1250

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
ข้อมูลเวลาที่ได้จากการบันทึกเวลาการทำงานด้วยกล้องถ่ายวีดีโอเทป

ข้อมูลเวลาที่ได้จากการบันทึกเวลาการทำงานด้วยกล้องถ่ายวีดีโอเทป โดยใช้ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 3 ตัวอย่างต่อสถานีงาน ดังนี้

ตารางที่ ก-1 เวลาการทำงานพื้นฐาน (Basic time : BT) ของแต่ละสถานีงาน

ขั้นตอนที่	สถานีงาน	เวลาปฏิบัติงาน (นาที)			ค่าเฉลี่ย	SD
		1	2	3		
1	Plottering	8.27	8.58	8.87	8.57	0.30
2	Shuttering	7.11	8.99	14.45	10.18	3.81
3	Insert	10.05	10.36	16.39	12.27	3.57
4	Reinforcement	16.90	12.48	16.63	15.34	2.48
5	Casting	8.97	8.40	6.45	7.94	1.32
6	Smoothening	161.00	162.00	161.50	161.50	0.50
7	Curing	480.00	480.00	480.00	480.00	0.00
8	Removing	7.42	9.10	7.13	7.88	1.06
9	Tilting	10.82	9.49	8.97	9.76	0.95

ภาคผนวก ข
เปอร์เซ็นต์เวลาเผื่อในการทำงานของแต่ละสถานีงาน

เปอร์เซ็นต์เวลาเผื่อในการทำงานของแต่ละสถานีงาน ดังแสดงในตารางที่ ข-1

ตารางที่ ข-1 เปอร์เซ็นต์เวลาเผื่อของแต่ละสถานีงาน

ขั้นตอนที่	สถานีงาน	เปอร์เซ็นต์เวลาเผื่อ
1	Plottering	0.0
2	Shuttering	10.0
3	Insert	19.0
4	Reinforcement	15.0
5	Casting	15.0
6	Smoothening	0.0
7	Curing	0.0
8	Removing	15.0
9	Tilting	15.0

หมายเหตุ งานที่สถานี Plottering Smoothening และCuring เป็นเวลาที่ใช้เครื่องจักรปฏิบัติงานจึงไม่มีค่าเผื่อในการทำงาน

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวดุษณี สีมาขจร เกิดเมื่อวันที่ 24 ธันวาคม พ.ศ. 2522 ที่จังหวัดเพชรบูรณ์ สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเคมีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ในปีการศึกษา 2544 เข้าทำงานที่ บริษัท ไทยลอตเต้ จำกัด ในปี 2544 ตำแหน่งหัวหน้าหน่วยวิจัยและพัฒนา จากนั้นได้เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2549