การประยุกต์ใช้เทคนิค QFD และ PFMEA ในการปรับปรุงกระบวนการผลิต และคุณภาพของแผ่นคอนกรีตสำเร็จรูป

นายกังวาฬ กิติชัยชาญ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2551

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

APPLICATIONS OF QFD AND PFMEA TECHNIQUES TO IMPROVE THE PRODUCTION PROCESS AND QUALITY OF PRECAST CONCRETES.

Mr. Kangwan Kitichaichan

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	การประยุกต์ใช้เทคนิค QFD และ PFMEA ในการปรับปรุงกระบวนการผลิตและคุณภาพของแผ่นคอนกรีตสำเร็จรูป
โดย	นายกังวาฬ กิติชัยชาญ
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมเกียรติ ตั้งจิตสิตเจริญ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

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

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ปารเมศ ชุติมา)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมเกียรติ ตั้งจิตสิตเจริญ)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ สมชาย พวงเพิกศึก)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดำรงค์ ทวีแสงสกุลไทย)

กังวาฬ กิติชัยชาญ : การประยุกต์ใช้เทคนิค QFD และ PFMEA ในการปรับปรุงกระบวนการผลิตและคุณภาพของแผ่นคอนกรีตสำเร็จรูป. (APPLICATIONS OF QFD AND PFMEA TECHNIQUES TO IMPROVE THE PRODUCTION PROCESS AND QUALITY OF PRECAST CONCRETES) อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผศ.ดร.สมเกียรติ ตั้งจิตสิตเจริญ, 191 หน้า.

งานวิจัยนี้เป็นการประยุกต์ใช้เทคนิค QFD: Quality Function Deployment และ PFMEA: Process Failure Mode and Effect Analysis ร่วมกันเพื่อทำการปรับปรุงกระบวนการผลิตและคุณภาพของชิ้นงานคอนกรีตสำเร็จรูป (Precast Concrete) สำหรับก่อสร้างอาคารที่พักอาศัยของบริษัทกรณีศึกษา เพื่อลดปริมาณชิ้นงานทิ้ง (Reject) และปริมาณการซ่อมแซมชิ้นงาน และทำให้ลูกค้ามีความพึงพอใจกับผลิตภัณฑ์ของบริษัทกรณีศึกษาด้วย โดยใช้เทคนิค QFD เพื่อทำการแปรความต้องการของลูกค้ามาเป็นข้อกำหนดทางด้านเทคนิคของผลิตภัณฑ์ที่ลูกค้าต้องการ แล้วค้นหาข้อกำหนดทางด้านเทคนิคที่มีความสัมพันธ์กับความต้องการของลูกค้าที่สูงตามเทคนิค QFD มาทำการปรับปรุงกระบวนการผลิตโดยใช้เทคนิค PFMEA ทำการปรับปรุงข้อบกพร่องที่มีค่า RPN ตั้งแต่ 200 ขึ้นไปก่อนเป็นลำดับแรก

หลังจากทำการปรับปรุงกระบวนการผลิตโดยการใช้เทคนิค QFD และ PFMEA สามารถลดการซ่อมแซมงานลงได้จาก 12.26 % เหลือ 8.84 % และลดงานเสียลงจาก 1.03 % เหลือ 0.02 % สำหรับโรงงาน PCF1 สามารถลดการซ่อมแซมงานลงจาก 22.70 % เหลือ 12.11 % และลดงานเสียลงจาก 0.60 % เหลือ 0.11 % สำหรับโรงงาน PCF2 ทำให้ชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปของบริษัทกรณีศึกษาสามารถสร้างความพึงพอใจให้กับลูกค้าเพิ่มมากขึ้น

ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่อนิสิต.....
สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
ปีการศึกษา 2551

497 07527 21 : MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING

KEY WORD: QFD / PFMEA / PRECAST CONCRETES / QUALITY IMPROVE

KANGWAN KITICHAICHAN : APPLICATIONS OF QFD AND PFMEA TECHNIQUES TO IMPROVE THE PRODUCTION PROCESS AND QUALITY OF PRECAST CONCRETES. THESIS PRINCIPLE ADVISOR : ASST. PROF. SOMKIAT TANGJITSITCHAROEN D.ENG, 191 pp.

This research is an application of two techniques: QFD and PFMEA utilized in order to improve production and quality of case study's precast concrete which is an important element for construction. The purpose of this study is not only to reduce the quantity of rejected and repaired products but also to create a case study for customer satisfaction of the product

With QFD technique, the researcher has changed the voice of customer into technical characteristics of the product and find out the relationship. According to the latter, the researcher then chooses PFMEA technique to improve the production process by firstly, rectifying the defects which RPN score is equal to 200 or higher.

After production process rectification using both techniques, the study indicates that the number of repaired products decreases from 12.26% to 8.84 % and the rejected one diminishes from 1.03% to 0.02% in the first case study (PCF1). Whereas, the percentage of product reparation of the second case study (PCF2) reduces from 22.70% to 12.11% and the number of rejected product has changed from 0.60% to 0.11%.

In conclusion, both case studies are important factors indicating that using QFD and PFMEA techniques can increase customer satisfaction of precast concrete product.

Department Industrial Engineering Student's signature.....

Field of study Industrial Engineering Principle advisor's signature.....

Academic year 2008

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ลุลวงไปด้วยดี ผู้ทำวิจัยขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมเกียรติ ตั้งจิตสิตเจริญ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และรองศาสตราจารย์ ดำรงค์ ทวีแสงสกุลไทย ที่ได้ช่วยให้คำแนะนำ ให้ความช่วยเหลือ ตลอดจนให้แนวทางในการแก้ไขปัญหาต่างๆที่ได้เกิดขึ้นในระหว่างการทำวิจัย อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการทำวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ปารเมศ ชุติมา ประธานกรรมการ และ รองศาสตราจารย์ ดำรงค์ ทวีแสงสกุลไทย กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์สมชาย พวงเพิกศึก กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ภายนอกมหาวิทยาลัย ที่ได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆ พร้อมทั้งตรวจแก้ไขข้อบกพร่องในการเขียนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จลุล่วงสมบูรณ์

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณคณะทีมงานจากบริษัทกรณีศึกษาทุกๆคน ที่ได้ให้ข้อมูลงานวิจัย ความร่วมมือร่วมใจกันในการระดมสมองและติดตามแก้ไขปัญหาต่างๆที่เกิดขึ้นจนสำเร็จลุล่วงเป็นไปตามเป้าหมายที่คาดไว้เป็นอย่างดี

ท้ายนี้ ผู้วิจัยใคร่ขอขอบพระคุณบิดา มารดา ครูอาจารย์ พี่ น้อง รวมถึงเพื่อนๆนิสิตทุกคนที่ได้ให้ความช่วยเหลือ ให้กำลังใจ คำติชม และข้อแนะนำต่างๆแก่ผู้วิจัยในครั้งนี้จนประสบความสำเร็จ

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....จ
กิตติกรรมประกาศ.....ฉ
สารบัญ.....ช
สารบัญตาราง.....ญ
สารบัญรูปภาพ.....ฏ

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....1
1.2 ประวัติและรายละเอียดของโรงงานกรณีศึกษา.....2
1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....2
1.4 ขอบเขตของการวิจัย.....3
1.5 ข้อจำกัดของการวิจัย.....3
1.6 คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย.....5
1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....6
1.8 วิธีดำเนินการวิจัย.....6

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 เทคนิคการแปรหน้าที่เชิงคุณภาพ (Quality Function Deployment: QFD).....8
2.2 การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis: FMEA).....13
2.3 การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบด้านกระบวนการผลิต (Process Failure Mode and Effect Analysis: PFMEA).....17
2.4 โครงสร้างอาคารชิ้นส่วนสำเร็จรูป (Precast Concrete Structure).....26
2.5 ส่วนประกอบของระบบสำเร็จรูป.....31
2.6 การวางแผนผลิต.....32
2.7 ความรู้เกี่ยวกับคอนกรีต (Concrete Technology).....33

หน้า

บทที่ 3 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.1 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....44

บทที่ 4 การสำรวจปัญหางานวิจัย

4.1 การศึกษากระบวนการผลิตของโรงงานกรณีศึกษา.....49

4.2 ปัญหาเบื้องต้นของโรงงานกรณีศึกษา.....55

4.3 วิเคราะห์ปัญหางานวิจัยในเบื้องต้น.....60

4.4 การเลือกนำเทคนิค QFD และ FMEA มาใช้ในการแก้ไขปัญหา.....62

บทที่ 5 วิธีดำเนินการวิจัย

5.1 การประยุกต์ใช้เทคนิค QFD กับกรณีศึกษา.....65

5.2 การประยุกต์ใช้เทคนิค PFMEA กับกรณีศึกษา.....79

บทที่ 6 เปรียบเทียบผลการปรับปรุงและวิเคราะห์ผลการปรับปรุง

6.1 ผลการปรับปรุง.....116

6.2 วิเคราะห์ผลการปรับปรุง.....126

บทที่ 7 สรุปผลการวิจัย ปัญหาอุปสรรค และข้อเสนอแนะ

7.1 สรุปผลการวิจัย.....127

7.2 ปัญหาและอุปสรรคในการวิจัย.....131

7.3 ข้อเสนอแนะ.....132

รายการอ้างอิง.....134

บรรณานุกรม.....136

หน้า

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก. แผนผังก้างปลาสำหรับการวิเคราะห์ข้อบกพร่องของโรงงาน PCF1……138

ภาคผนวก ข. แผนผังก้างปลาสำหรับการวิเคราะห์ข้อบกพร่องของโรงงาน PCF2……144

ภาคผนวก ค. ซอยงานย่อยของกระบวนการผลิตผนังรั้วบ้าน แบบหล่อประเภท Battery ของ PCF2……151

ภาคผนวก ง. แผนงานดำเนินการแก้ไขและปรับปรุงตามเทคนิค PFMEA……172

ภาคผนวก จ. ใบรายการตรวจสอบแบบหล่อประเภท Static เพื่อการแจ้งซ่อมของ PCF2……174

ภาคผนวก ฉ. ใบรายการตรวจสอบแบบหล่อประเภท Battery เพื่อการแจ้งซ่อมของ PCF2……176

ภาคผนวก ช. ใบเช็ครายการข้อมูล ก่อนและหลังปรับปรุง……181

ภาคผนวก ซ. มาตรฐานการตรวจรับชิ้นงานของบริษัทกรณีศึกษา ก่อนและหลังการปรับปรุง……184

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์……191

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 เกณฑ์การประเมินความรุนแรง (S) สำหรับ PFMEA.....20
ตารางที่ 2.2 เกณฑ์การประเมินความถี่ในการเกิด (O) สำหรับ PFMEA.....22
ตารางที่ 2.3 เกณฑ์การประเมินความเป็นไปได้ในการตรวจพบ (D) สำหรับ PFMEA.....23
ตารางที่ 2.4 ข้อได้เปรียบและเสียเปรียบของคอนกรีต.....36
ตารางที่ 2.5 ปัจจัยที่มีผลต่อความสามารถเทได้.....40
ตารางที่ 5.1 แสดงข้อกำหนดทางเทคนิคและระดับความสำคัญของแต่ละข้อกำหนด
ของโรงงาน PCF1.....66
ตารางที่ 5.2 แสดงข้อกำหนดทางเทคนิคและระดับความสำคัญของแต่ละข้อกำหนด
ของโรงงาน PCF2.....67
ตารางที่ 5.3 แสดงกระบวนการดำเนินงานและเป้าหมายของผลิตภัณฑ์ผนังบ้าน
ของโรงงาน PCF1.....69
ตารางที่ 5.4 แสดงกระบวนการดำเนินงานและเป้าหมายของผลิตภัณฑ์ผนังรั้ว
บ้านทาวน์เฮ้าส์ของโรงงาน PCF2.....71
ตารางที่ 5.5 เกณฑ์การประเมินความรุนแรง (S) สำหรับ PFMEA ของบริษัทกรณีศึกษา.....80
ตารางที่ 5.6 เกณฑ์ในการประเมินความถี่ในการเกิด (O) สำหรับ PFMEA ของบริษัท
กรณีศึกษา.....82
ตารางที่ 5.7 เกณฑ์การประเมินความเป็นไปได้ในการตรวจพบ (D) สำหรับ PFMEA ของ
บริษัทกรณีศึกษา.....84
ตารางที่ 5.8 แสดงกระบวนการหลักกระบวนการย่อยและลักษณะข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น
โรงงาน PCF1.....85
ตารางที่ 5.9 แสดงกระบวนการหลักกระบวนการย่อยและลักษณะข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น
โรงงาน PCF2.....86
ตารางที่ 5.10 แสดงลักษณะข้อบกพร่องและสาเหตุของแต่ละข้อบกพร่องของโรงงาน PCF1...87
ตารางที่ 5.11 แสดงลักษณะข้อบกพร่องและสาเหตุของแต่ละข้อบกพร่องของโรงงาน PCF2...88
ตารางที่ 5.12 ตารางเก็บข้อมูล PFMEA ของโรงงาน PCF1.....99
ตารางที่ 5.13 ตารางเก็บข้อมูล PFMEA ของโรงงาน PCF2.....100

ตาราง หน้า

ตารางที่ 5.14 แสดงข้อบกพร่องจำนวน 11 ข้อที่มีค่า RPN ตั้งแต่ 200 ขึ้นไป
ของโรงงาน PCF1.....101
ตารางที่ 5.15 แสดงข้อบกพร่องจำนวน 13 ข้อที่มีค่า RPN ตั้งแต่ 200 ขึ้นไป
ของโรงงาน PCF2.....101
ตารางที่ 5.16 แสดงเปรียบเทียบการปรับปรุงกระบวนการผลิตของ PCF1.....112
ตารางที่ 5.17 แสดงเปรียบเทียบการปรับปรุงกระบวนการผลิตของ PCF2.....113
ตารางที่ 6.1 การเปรียบเทียบค่าความเสี่ยงชี้นำก่อนและหลังการปรับปรุงของโรงงาน PCF1....118
ตารางที่ 6.2 การเปรียบเทียบค่าความเสี่ยงชี้นำก่อนและหลังการปรับปรุงของโรงงาน PCF2....119
ตารางที่ 6.3 แสดงจำนวนงานซ่อมแซมของโรงงาน PCF1.....120
ตารางที่ 6.4 แสดงจำนวนงานซ่อมแซมของโรงงาน PCF2.....120
ตารางที่ 7.1 สรุปปัญหา สาเหตุและการปรับปรุงของโรงงาน PCF1.....129
ตารางที่ 7.2 สรุปปัญหา สาเหตุและการปรับปรุงของโรงงาน PCF2.....130

สารบัญภาพ

ภาพประกอบ หน้า

รูปที่ 2.1 แสดงความสัมพันธ์ของเมตริกของ HOQ แบบ 4 ช่วงของแต่ละช่วง.....11
รูปที่ 2.2 แสดงรายละเอียดภายในของ House of Quality ของ QFD.....12
รูปที่ 2.3 การเรียกชื่อองค์ประกอบต่างๆของคอนกรีต.....34
รูปที่ 2.4 ขั้นตอนการก่อตัวของคอนกรีต.....39
รูปที่ 4.1 แสดงแผนผังการผลิตของโรงงาน PCF1.....49
รูปที่ 4.2 แผนผังการไหลแสดงกระบวนการทำงานของโรงงาน PCF1.....50
รูปที่ 4.3 แผนผังการไหลแสดงกระบวนการทำงานของการผลิตแผ่นผนังรั้วบ้าน
ของโรงงาน PCF2.....54
รูปที่ 4.4 แผนภูมิแสดงเปอร์เซ็นต์งานซ่อมของโรงงาน PCF1 ของปี 2006
(รวมทุกสาเหตุของงานซ่อม).....56
รูปที่ 4.5 แผนภูมิพาเรโต ในการวิเคราะห์ผลงานซ่อม PCF1.....57
รูปที่ 4.6 แผนภูมิแสดงเปอร์เซ็นต์งานซ่อมของโรงงาน PCF2 ของปี 2006
(รวมทุกสาเหตุของงานซ่อม).....59
รูปที่ 4.7 แผนภูมิพาเรโต ในการวิเคราะห์ผลงานซ่อม PCF2.....60
รูปที่ 5.1 แสดง HOQ เฟสที่ 3 โรงงาน PCF1 ในเบื้องต้นที่นำข้อมูลที่ได้มาใส่ใน
ตาราง HOQ ของเทคนิค QFD.....73
รูปที่ 5.2 แสดง HOQ เฟสที่ 3 โรงงาน PCF2 ในเบื้องต้นที่นำข้อมูลที่ได้มาใส่ใน
ตาราง HOQ ของเทคนิค QFD.....74
รูปที่ 5.3 แสดงตาราง HOQ เฟสที่ 3 โรงงาน PCF1 ผลิตภัณฑ์ผนังบ้าน ของเทคนิค QFD.....76
รูปที่ 5.4 แสดงตาราง HOQ เฟสที่ 3 โรงงาน PCF2 ผลิตภัณฑ์ผนังรั้วบ้านทาวน์เฮ้าส์
ของเทคนิค QFD.....77
รูปที่ 5.5 แสดงลักษณะแผ่นป้ายแสดงเวลาการบ่มคอนกรีต.....108
รูปที่ 6.1 แสดงแผนภูมิแท่งเปรียบเทียบผลการปรับปรุงของโรงงาน PCF1
รวมทุกสาเหตุการซ่อมแซม.....121
รูปที่ 6.2 แสดงแผนภูมิแท่งเปรียบเทียบผลการปรับปรุงของโรงงาน PCF1
แยกตามข้อบกพร่องการซ่อมแซม.....122
รูปที่ 6.3 แสดงแผนภูมิแท่งเปรียบเทียบผลการปรับปรุงของโรงงาน PCF2
รวมทุกสาเหตุการซ่อมแซม.....123

ภาพประกอบ หน้า

รูปที่ 6.4 แสดงแผนภูมิแท่งเปรียบเทียบผลการปรับปรุงของโรงงาน PCF2 แยกตามข้อบกพร่องการซ่อมแซม.....124
รูปที่ 6.5 แสดงแผนภูมิแท่งเปรียบเทียบของเสียก่อนและหลังการปรับปรุง ของโรงงาน PCF1.....125
รูปที่ 6.6 แสดงแผนภูมิแท่งเปรียบเทียบของเสียก่อนและหลังการปรับปรุง ของโรงงาน PCF2.....125

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันธุรกิจอสังหาริมทรัพย์มีการขยายตัวอย่างรวดเร็วจากความต้องการอาคารบ้านพักอาศัยที่เพิ่มขึ้นตามจำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้น และบวกกับอัตราดอกเบี้ยที่ต่ำในการกู้เพื่อซื้ออสังหาริมทรัพย์ประเภทอาคารบ้านพักอาศัย จึงทำให้ความต้องการอาคารบ้านพักอาศัยมีจำนวนเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ

จากความต้องการบ้านพักอาศัยที่มีมากขึ้นนี้เอง ทำให้ผู้ประกอบการธุรกิจอสังหาริมทรัพย์มีการหาช่องทางหรือรูปแบบการก่อสร้างที่มีการพัฒนาให้มีความรวดเร็วในการก่อสร้างและสามารถทำการส่งมอบบ้านได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งจะทำให้ผู้บริโภคมีความพึงพอใจเพิ่มมากขึ้นในการซื้อขาย และทางบริษัทจะสามารถได้รับการชำระเงินได้รวดเร็วยิ่งขึ้น ส่งผลถึงสภาพคล่องของบริษัทนั้นๆเอง เพื่อนำเงินมาลงทุนต่อได้ และอีกปัจจัยหนึ่งจากความต้องการที่มีมากขึ้นอย่างรวดเร็วก็ทำให้โครงการก่อสร้างของคู่แข่งขันมีการเปิดตัวใหม่เป็นจำนวนมาก

ดังนั้นการแข่งขันทางด้านเทคโนโลยีและการบริการระหว่างผู้ประกอบการจึงได้ทวีความรุนแรงมากขึ้น ผู้ประกอบการก็จำเป็นที่จะต้องปรับตัวเองในการเพิ่มความสามารถในการแข่งขันโดยการนำเทคโนโลยีการก่อสร้างบ้านแบบระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป (Precast Concrete) มาดำเนินการใช้ในการก่อสร้างบ้านเพื่อลดระยะเวลาสำหรับการก่อสร้าง

ระบบก่อสร้างสำเร็จรูป (Precast Concrete) เกิดขึ้นมาเพื่อตอบสนองต่ออาคารที่พักอาศัยเป็นหลักในระยะเริ่มต้น อย่างไรก็ตามระบบก่อสร้างสำเร็จรูปนี้ได้ถูกทบทวนและนำมาเปรียบเทียบข้อดีข้อเสีย กับระบบก่อสร้างแบบเดิมเพื่อตัดสินใจในการเลือกแนวทางการก่อสร้างอยู่เสมอ ความไม่เข้าใจในระบบของผู้ออกแบบและผู้ก่อสร้างทำให้การก่อสร้างด้วยระบบสำเร็จรูปไม่เป็นที่นิยมเมื่อเปรียบเทียบต้นทุนการก่อสร้างที่เพิ่มขึ้นอย่างมากของระบบสำเร็จรูป และไม่ประสบความสำเร็จในหลายๆโครงการ ทำให้นักลงทุนหรือเจ้าของอาคารเลือกที่จะใช้กระบวนการก่อสร้างแบบเดิมๆ ที่มีความเสี่ยงน้อยกว่าทำให้ความต้องการการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปเต็มรูปแบบมีความนิยมลดน้อยลงเรื่อยๆ ในปัจจุบันเทคโนโลยีในการก่อสร้างและการขนส่ง เปิดโอกาสให้ระบบสำเร็จรูปกลับมาได้รับความนิยมอีกครั้ง หากผู้บริหารโครงการหันมาทำความเข้าใจและศึกษาในหัวข้อนี้อย่างจริงจัง ระบบสำเร็จรูปก็น่าจะเป็นทางเลือกในการก่อสร้างที่ดีอีกทางหนึ่ง เนื่องจากสามารถดำเนินการได้อย่างรวดเร็ว มีต้นทุนต่ำ คุณภาพดี

1.2 ประวัติและรายละเอียดของโรงงานกรณีศึกษา

บริษัท กรณีศึกษา ได้ก่อตั้งมาแล้วเป็นระยะเวลา 15 ปี ดำเนินธุรกิจด้านพัฒนาอสังหาริมทรัพย์ประเภทบ้านทาวน์เฮาส์ บ้านเดี่ยว และอาคารชุด โดยเน้นการพัฒนาโครงการทำเลศักยภาพในเขตกรุงเทพมหานคร และปริมณฑล เช่น รังสิต พุทธมณฑล บางใหญ่ บางบัวทอง สุวินทวงศ์ สนามบินสุวรรณภูมิ บางปู เทพารักษ์ กิ่งแก้ว ลาดกระบังและบางขุนเทียน เป็นต้น

จากการขยายตัวอย่างรวดเร็วในธุรกิจที่อยู่อาศัยทำให้ทาง บริษัท กรณีศึกษา ได้นำเทคโนโลยีการก่อสร้างบ้านด้วยระบบโครงสร้างผนังรับน้ำหนักแบบหล่อในที่ด้วยเทคโนโลยีแบบอุโมงค์ (Tunnel Technology) จากประเทศฝรั่งเศสมาใช้สำหรับการก่อสร้างบ้านทาวน์เฮาส์ และเทคโนโลยีการก่อสร้างแบบผนังสำเร็จรูปรับน้ำหนัก (RC Load Bearing Wall Prefabrication) จากประเทศเยอรมันซึ่งเป็นผลผลิตจากโรงงานผลิตชิ้นส่วนคอนกรีตเสริมเหล็กสำเร็จรูป (Precast Concrete Factory) สำหรับการก่อสร้างบ้านเดี่ยว และบ้านทาวน์เฮาส์บางประเภท

ด้วยการนำเทคโนโลยีอันทันสมัยกอปกับวิสัยทัศน์ของทางบริษัทที่ต้องการเป็นผู้นำทางด้านอสังหาริมทรัพย์ของประเทศไทย ภายใต้สโลแกนที่ว่า “คุ้มราคา ด้วยคุณภาพบ้านและบริการ” ทาง บริษัทกรณีศึกษา จึงได้เล็งเห็นถึงการปรับปรุงคุณภาพของโรงงานผลิตให้มีคุณภาพเพื่อนำมาสร้างบ้านคุณภาพของโครงการต่างๆ

โดยภายในพื้นที่ของโรงงานจะแบ่งแยกการผลิตเป็น 2 ส่วนโรงงานย่อยในปัจจุบัน คือ โรงงาน Precast concrete Factory 1: PCF1 ซึ่งจะทำการผลิตชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปประเภทผนังบ้านทั้งหมดของบ้านทุกแบบ และโรงงาน Precast concrete Factory 2: PCF2 (Special Element Factory: SEF) ซึ่งจะทำการผลิตชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปประเภทชิ้นส่วนเฉพาะทั้งหมด เช่น เสารั้วบ้าน แผ่นผนังรั้วบ้าน เสารั้วโครงการ แผ่นผนังรั้วโครงการ โดมบ้าน กล่องถังขยะ ฝาท่อระบายน้ำ เป็นต้น ซึ่งโรงงานทั้งสองโรงงานใช้ระบบการผลิตที่ต่างกันคือ โรงงาน PCF1 จะเป็นระบบกึ่งอัตโนมัติด้วยเครื่องจักรที่ทันสมัย แต่โรงงาน PCF2 (SEF) จะเป็นการหล่อชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปจากแบบหล่อซึ่งมี 2 รูปแบบคือ แบบหล่อ Static Mold และแบบหล่อ Battery Mold

1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิตและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป (Precast Concrete) ของโรงงานตัวอย่างโดยการใช้เทคนิคการแปรหน้าที่เชิงคุณภาพ

(Quality Function Deployment: QFD), เทคนิคการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบของกระบวนการผลิต (Process Failure Mode and Effect Analysis: PFMEA) และเทคนิคอื่นๆทางวิศวกรรมอุตสาหการ ในการปรับปรุงคุณภาพและป้องกันข้อผิดพลาดของกระบวนการผลิต

2. เพื่อลดจำนวนของเสียและจำนวนงานซ่อมแซมที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตในปัจจุบันให้ลดน้อยลง

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

1. งานวิจัยนี้จะนำเทคนิค QFD และ PFMEA มาประยุกต์ใช้เพื่อปรับปรุงคุณภาพและกระบวนการผลิตของชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปสำหรับกระบวนการผลิตของโรงงาน PCF1 ประเภทผลิตภัณฑ์แผ่นผนังบ้าน และปรับปรุงคุณภาพและกระบวนการผลิตของชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปสำหรับกระบวนการผลิตของโรงงาน PCF2 ประเภทผลิตภัณฑ์ผนังรั้วบ้านทาวเฮ้าส์
2. การสอบถามความต้องการของลูกค้าในงานวิจัยครั้งนี้ไม่สามารถทำการสอบถามความต้องการของลูกค้าได้โดยตรงจากลูกค้าภายนอก (ผู้บริโภคขั้นสุดท้าย) รวมถึงผู้รับเหมาช่วงที่เป็นลูกค้าภายในที่นำผลิตภัณฑ์จากทางโรงงานบริษัทกรณีศึกษาไปใช้งานโดยตรงได้ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงไม่ได้นำเอาข้อมูลจากแหล่งดังกล่าวมาใช้ร่วมทำการวิเคราะห์
3. การปรับปรุงกระบวนการผลิตจะทำการปรับปรุงเฉพาะกระบวนการผลิตที่มีกระบวนการผลิตภายในโรงงานเท่านั้น

1.5 ข้อจำกัดของการวิจัย

ผู้วิจัยได้เลือกนำเทคนิค QFD และ PFMEA มาเป็นเครื่องมือหลักในการปรับปรุงกระบวนการผลิตและคุณภาพของแผ่นคอนกรีตสำเร็จรูปของบริษัทกรณีศึกษา โดยเทคนิค QFD จะนำมาใช้เพื่อทำการค้นหาความต้องการของลูกค้ากับกระบวนการผลิตของทางโรงงาน ว่ามีกระบวนการผลิตในส่วนใดบ้างที่มีความสัมพันธ์ เพื่อให้ได้มาซึ่งตรงกับตามความต้องการของลูกค้า และใช้การวิเคราะห์การเทียบเคียง (Benchmarking) กับคู่แข่งขันทางธุรกิจเพื่อกำหนด หรือพัฒนากลยุทธ์สำหรับการบริหารโครงการของทางผู้บริหารและแข่งขันกับคู่แข่งในตลาด

เมื่อทราบว่ากระบวนการผลิตใดมีความสำคัญ ก็จะนำกระบวนการผลิตเหล่านั้นมาทำการวิเคราะห์โดยเทคนิค FMEA ซึ่งจากการใช้ QFD จะทำให้เราสามารถทราบว่ากระบวนการ

ผลิตใดควรจะได้รับการปรับปรุง ผู้วิจัยเลือกใช้เพียงบางส่วนของเทคนิค FMEA คือ Process FMEA หรือ PFMEA เพื่อทำการหาความสำคัญของข้อบกพร่องในแต่ละกระบวนการผลิตย่อยว่าข้อบกพร่องใดควรได้รับการแก้ไขปรับปรุงก่อนเป็นลำดับแรก และวิเคราะห์แนวโน้มสาเหตุของการเกิดลักษณะข้อบกพร่องต่างๆตามวิธีการของเทคนิค PFMEA เพื่อให้ได้มาซึ่งค่าความเสี่ยงชี้นำ (Risk Priority Number: RPN) แล้วจึงทำการเริ่มปรับปรุงในส่วนของข้อบกพร่องที่มีค่า RPN ที่สูงก่อน

จากการนำเทคนิค QFD มาทำการประยุกต์ใช้กับบริษัทกรณีศึกษาเพื่อจะหาความต้องการของลูกค้า และแปรความต้องการของลูกค้ามาเป็นลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ลูกค้าต้องการแล้วส่งมาถึงกระบวนการผลิตและการดำเนินงานที่จะผลิตให้ได้ลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ลูกค้าต้องการ เป็นแนวทางปฏิบัติของเทคนิค QFD แบบ 4 ช่วง ซึ่งในการนำมาประยุกต์ใช้ก็พบกับข้อจำกัดของบริษัทกรณีศึกษา เกี่ยวกับความลับข้อมูลของบริษัท รวมถึงวัฒนธรรมองค์กรและระเบียบปฏิบัติที่บุคคลภายนอกจะไม่สามารถรับทราบถึงข้อมูลในหลายๆส่วนได้ โดยเฉพาะข้อมูลเกี่ยวกับด้านการตลาด และไม่อนุญาติให้ทำการเผยแพร่ข้อมูลต่างๆ เช่น ข้อมูลของลูกค้า ข้อมูลด้านการตลาด ข้อมูลด้านการออกแบบ ข้อมูลทางด้านเทคนิคเฉพาะของงานวิศวกรรมโยธา เป็นต้น

จากข้อจำกัดดังกล่าวส่งผลให้การนำเทคนิค QFD มาทำการประยุกต์ใช้กับบริษัทกรณีศึกษาในตอนต้นนี้ไม่สามารถทราบถึงข้อมูลจากลูกค้า (ภายนอก) ได้โดยตรง แต่จะทราบได้เพียงข้อมูลจากลูกค้าที่เป็นการสังเคราะห์และรวบรวมไว้แล้วเท่านั้น จึงไม่สามารถที่จะทำบ้านแห่งคุณภาพ (House of Quality: HOQ) หลังที่ 1 ของ QFD แบบ 4 ช่วงได้ และในส่วนของบ้านแห่งคุณภาพ (HOQ) หลังที่ 2 ของ QFD ในส่วนของคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ก็ไม่สามารถทำได้เช่นกัน เนื่องจากข้อจำกัดดังที่ได้กล่าวไปแล้ว ทางผู้วิจัยจึงทำได้เพียงการแลกเปลี่ยนความรู้และประสบการณ์เกี่ยวกับบริษัทกรณีศึกษา โดยเป็นการสอบถามจากทางโครงการก่อสร้างของบริษัทกรณีศึกษาที่เป็นผู้นำชิ้นส่วนผลิตภัณฑ์คอนกรีตสำเร็จรูปไปใช้งานว่ามีความต้องการอะไรเพิ่มเติมบ้าง เพื่อนำข้อมูลมาทำบ้านแห่งคุณภาพ (HOQ) หลังที่ 3 ของ QFD แบบ 4 ช่วง ซึ่งเป็นส่วนของมาตรฐานผลิตภัณฑ์ที่ทางบริษัทกำหนดไว้ให้สัมพันธ์กันกับกระบวนการผลิต เพื่อปรับปรุงให้กระบวนการผลิตทำการผลิตผลิตภัณฑ์ให้ตรงกับความต้องการและตรงกับมาตรฐานของผลิตภัณฑ์ภายในโรงงานผลิตเท่านั้น ส่วนบ้านแห่งคุณภาพ (HOQ) หลังที่ 1 และ 2 ของ QFD ทางวิศวกรและเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องของบริษัทกรณีศึกษาจะดำเนินการทำในการปรับปรุงในครั้งต่อไปเป็นการภายใน

ดังนั้นในการปรับปรุงในครั้งนี้จึงจะเป็นการนำเอาเทคนิค QFD แบบ 4 ช่วงมาใช้ได้เพียงส่วนหนึ่งเท่านั้น คือ ส่วนของบ้านแห่งคุณภาพ (HOQ) ในหลังที่ 3 เพื่อหาว่ากระบวนการผลิตใดมีความสัมพันธ์เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ตามมาตรฐานของทางโรงงานที่ตั้งไว้ เมื่อทราบถึงกระบวนการผลิตหลักที่มีความสัมพันธ์สูงแล้วก็นำกระบวนการเหล่านั้นมาทำการปรับปรุงโดยใช้เทคนิค PFMEA ต่อไป

1.6 คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

- โรงงาน PCF 1 หมายถึง Precast Concrete Factory 1
- โรงงาน PCF 2 หมายถึง Precast Concrete Factory 2
- กระบวนการผลิตของโรงงาน PCF1 หมายถึง กระบวนการผลิตของโรงงาน PCF1 ประเภทผลิตภัณฑ์แผ่นผนังบ้าน
- กระบวนการผลิตของโรงงาน PCF2 หมายถึง กระบวนการผลิตของโรงงาน PCF2 ประเภทผลิตภัณฑ์ผนังรั้วบ้านทาวน์เฮ้าส์
- มวลรวม หรือวัสดุผสม (Aggregate) คือวัสดุเฉื่อยอันได้แก่ หิน ทราย กรวด ที่เป็นส่วนผสมที่สำคัญของคอนกรีต มวลรวมจะมีปริมาตร 70-80% ของปริมาณของส่วนผสมทั้งหมด
- สารผสมเพิ่ม หรือน้ำยาผสมคอนกรีต (Concrete Admixture) หมายถึงสารใดๆนอกเหนือไปจาก น้ำ ปูนซีเมนต์ หิน และทราย อันใช้เติมลงไปในส่วนผสมของคอนกรีต ไม่ว่าจะก่อนหรือกำลังผสม เพื่อปรับปรุงหรือเพิ่มประสิทธิภาพคอนกรีตขณะยังเหลวอยู่หรือคอนกรีตที่แข็งตัวแล้ว ให้ได้คุณสมบัติตามที่ต้องการ เพื่อให้สอดคล้องกับ สภาพของวัสดุ, สิ่งแวดล้อม และสภาพการทำงาน
- การสูญเสียค่าการยุบตัว (Slump Loss) คือ การสูญเสียความเหลวของคอนกรีตสดเมื่อเวลาผ่านไป การสูญเสียค่าการยุบตัวถือเป็นเหตุการณ์ปกติสำหรับคอนกรีตที่จะต้องแข็งตัวขึ้นเรื่อยๆ จากผลการแข็งตัวของซีเมนต์เพสต์ การสูญเสียน้ำอิสระ (Free Water) ที่เกิดจากปฏิกิริยาไฮเดรชั่น จากการดูดซึมของมวลรวมและจากการระเหย
- การบ่ม (Curing) คือ ชื่อเฉพาะของวิธีการที่ช่วยให้ปฏิกิริยาไฮเดรชั่นของซีเมนต์เกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ ซึ่งจะส่งผลให้การพัฒนากำลังอัดของคอนกรีตเป็นไปอย่างต่อเนื่อง วิธีการทำโดยให้น้ำแก่คอนกรีตหลังจากที่คอนกรีตแข็งตัวแล้ว
- ความสามารถเทได้ (Workability) คือ ปริมาณงานที่ใช้ในการอัดคอนกรีตให้แน่นโดยปราศจากการแยกตัว

- การยึดเกาะ (Cohesion) คือ คุณสมบัติของเนื้อคอนกรีตที่สามารถจับรวมตัวเป็นกลุ่มหรือสลายตัวออกจากกันได้ยาก
- ความข้นเหลว (Consistency) คือ สภาพความเหลวของคอนกรีตซึ่งขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำเป็นส่วนใหญ่ ความข้นเหลวเป็นคุณสมบัติที่สำคัญอย่างหนึ่งของความสามารถในการใช้งาน และสามารถวัดค่าได้ชัดเจนในรูปของค่ายุบตัว, การไหล เป็นต้น
- การแยกตัว (Segregation) คือ การแยกออกของส่วนประกอบต่างๆในเนื้อคอนกรีตทำให้ส่วนผสมมีเนื้อไม่สม่ำเสมอ
- การเยิ้ม (Bleeding) คือ การแยกตัวชนิดหนึ่ง เกิดขึ้นเมื่อส่วนประกอบที่หนักกว่าจมตัวลงดันน้ำซึ่งเบาที่สุดขึ้นสู่ผิวคอนกรีต

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. คุณภาพของชิ้นงานคอนกรีตสำเร็จรูปที่ผลิตได้มีคุณภาพตามมาตรฐานที่ตั้งเอาไว้ และพึงพอใจกับลูกค้า (ภายใน) ของโรงงาน
2. กระบวนการทำงานมีเสถียรภาพ และมีประสิทธิภาพมากขึ้น
3. พนักงานและเจ้าหน้าที่ทราบถึงความรับผิดชอบของการทำงาน
4. สามารถลดจำนวนของงานซ่อมแซมหลังการผลิตเสร็จสิ้นแล้วลงได้
5. ลดกระบวนการที่ไม่มีความจำเป็น และไม่เพิ่มมูลค่าให้กับกระบวนการผลิต
6. เป็นแนวทางในการปรับปรุงคุณภาพสำหรับผลิตภัณฑ์และกระบวนการผลิตอื่นๆ ต่อไป

1.8 วิธีดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัยสามารถสรุปได้ดังนี้

1. ศึกษางานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับ QFD และ FMEA
2. ศึกษาสภาพการดำเนินงานในปัจจุบันของโรงงานกรณีศึกษาโดย
    2.1 ศึกษาถึงขั้นตอนกระบวนการผลิตโดยรวมในปัจจุบันของโรงงาน
    2.2 ศึกษาถึงการใช้งานชิ้นงานคอนกรีตสำเร็จรูปในการก่อสร้างบ้าน
    2.3 ศึกษาถึงข้อร้องเรียนของลูกค้าและมาตรฐานของโรงงานที่กำหนดไว้
    2.4 เก็บรวบรวมข้อมูล ปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต
    2.5 กำหนดวัตถุประสงค์ของงานวิจัย
    2.6 กำหนดขอบเขตของงานวิจัย

3. ประยุกต์เทคนิคการแปรหน้าที่เชิงคุณภาพ (QFD) ในการหาความสัมพันธ์และทราบถึงปัญหาของผลิตภัณฑ์
4. ประยุกต์เทคนิค PFMEA ในการค้นหาปัญหาที่แท้จริงของกระบวนการผลิต , สาเหตุของปัญหาและความรุนแรงของปัญหาที่เกิดขึ้นพร้อมทั้งระดมสมองในการค้นหาแนวทางในการแก้ปัญหาและป้องกันการเกิดซ้ำของปัญหานั้นๆ
5. ทำการแก้ไขปรับปรุงกระบวนการผลิต และทดลองประยุกต์ใช้งานจริง
6. วิเคราะห์เปรียบเทียบก่อนและหลังการปรับปรุง
7. สรุปผลงานการวิจัยและข้อเสนอแนะ
8. จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 เทคนิคการแปรหน้าที่เชิงคุณภาพ (Quality Function Deployment: QFD)

Quality Function Deployment (QFD) เป็นเทคนิคหนึ่งที่ใช้ในการวางแผนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ของบริษัทให้ตรงกับความต้องการของลูกค้ามากที่สุด โดยเป็นเทคนิคที่ใช้ในการเปลี่ยนความต้องการของลูกค้ามาเป็นตัวผลิตภัณฑ์อย่างเป็นขั้นตอนและมีระบบ โดยอาศัยหลักการและเทคนิคทางวิศวกรรมเข้ามาเกี่ยวข้องในการทำ และจากนั้นจะทำการเจาะลึกไปยังส่วนประกอบต่างๆของผลิตภัณฑ์ในด้านคุณภาพที่สามารถทำการตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคได้ หรือเป็นการเจาะลึกเข้าไปยังวิธีการตอบสนองความต้องการในแต่ละส่วนการผลิต

2.1.1 วิวัฒนาการของการทำ QFD

- ในช่วง 1960's Professors Shigeru Mizuno และ Yoji Akao ได้พยายามพัฒนาวิธีการที่จะสามารถพัฒนาและออกแบบผลิตภัณฑ์ที่ตรงตามความต้องการของลูกค้าก่อนที่จะผลิตจริง โดยในช่วงนั้นมีแต่วิธีการทาง quality control ที่มุ่งแต่จะแก้ไขปัญหาระหว่างหรือหลังการผลิต

- Kiyotaka Oshiumi แห่ง Bridgestone Tire ใช้ Fishbone Diagram เพื่อแสดงความต้องการของลูกค้าแต่ละราย (effect) และแสดงการออกแบบ, Quality Characteristics และ Process Factors (causes) ที่จำเป็นในการ Control and Measure

- ปี1972 มีการใช้ QFD ในการออกแบบถังเก็บน้ำมันในบริษัท Kobe Shipyards of Mitsubishi Heavy Industry โดยดัดแปลงมาจาก Fishbone Diagram กล่าวคือ เนื่องจาก Fishbone Diagram ไม่สามารถแสดงความสัมพันธ์ระหว่างผลตอบสนองและสาเหตุต่างๆแต่ละตัว จึงได้มีการดัดแปลงให้มีลักษณะเป็น spreadsheet หรือ matrix โดยที่แถวแสดง desired effects of customer satisfaction และสดมภ์แสดง controlling and measurable causes.

- ปี 1980's ใน USA 'Big Three' บริษัทผู้ผลิตรถยนต์และอะไหล่รถยนต์และบริษัทชั้นนำทางด้านอิเล็คทรอนิกส์ได้ประยุกต์ใช้ QFD แต่ไม่กว้างขวางนัก รวมทั้งการแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างผู้ใช้งานก็ไม่ค่อยมี เนื่องจากกลัวข้อมูลรั่วไหล

2.1.2 จุดประสงค์ในการทำ QFD

1. เพื่อใช้ในการออกแบบหรือพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่โดยเน้นที่การตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้อย่างถูกต้อง
2. เพื่อช่วยลดปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นในขั้นตอนการออกแบบผลิตภัณฑ์ ไม่ว่าจะเป็นระยะเวลาที่ใช้ในการออกแบบ ต้นทุนที่ใช้ในการออกแบบ ลดระดับความไม่แน่นอนในการออกแบบ เป็นต้น
3. เพื่อช่วยให้การพัฒนาผลิตภัณฑ์ดำเนินไปในทิศทางที่ถูกต้อง
4. เพื่อช่วยให้การรวบรวม และการประเมินผลความพึงพอใจของลูกค้าสามารถทำได้ง่ายขึ้น และเป็นระบบมากขึ้น
5. เพื่อทำให้บุคลากรในบริษัทมองเห็นภาพรวมการทำงาน และวิธีที่สามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้เป็นอย่างดี
6. เพื่อช่วยสร้างและจัดการกับโครงสร้างในระบบสารสนเทศขึ้น เนื่องจากต้องมีการปฏิสัมพันธ์กับลูกค้าในการเก็บรวบรวมความต้องการของลูกค้า
7. เพื่อให้การทำงานของฝ่ายต่างๆในบริษัทเป็นไปในทิศทางเดียวกัน โดยเฉพาะฝ่ายผลิต ฝ่ายการตลาด และฝ่ายวิจัยและพัฒนา

2.1.3 ประโยชน์ที่ได้รับจากการทำ QFD

ผลประโยชน์ต่อลูกค้า

1. ช่วยให้ลูกค้าได้รับความพึงพอใจในตัวผลิตภัณฑ์ที่สามารถตอบสนองความต้องการได้อย่างถูกต้อง
2. ทำให้ลูกค้าได้มีส่วนร่วมในการพัฒนาและกำหนดลักษณะของผลิตภัณฑ์เอง

ผลประโยชน์ต่อบริษัท

1. การพัฒนาและการออกแบบผลิตภัณฑ์ใหม่เป็นไปในทิศทางที่ถูกต้อง
2. ลดขั้นตอนในการพัฒนาและการออกแบบผลิตภัณฑ์ใหม่ได้
3. ลดค่าใช้จ่ายในการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ได้
4. ช่วยให้การวางแผนทางการตลาดง่ายขึ้น และสามารถเข้าถึงความต้องการของลูกค้าได้เป็นอย่างดี
5. ทำให้ภาพพจน์ของบริษัทในสายตาของลูกค้าเป็นไปในทางที่ดี เนื่องจากบริษัทได้ให้ความสำคัญกับลูกค้าในการพัฒนาปรับปรุงผลิตภัณฑ์

6. ช่วยให้เกิดความร่วมมือในการทำงานและลดปัญหาการขัดแย้งกันเองภายในบริษัท
7. ช่วยให้ผลิตภัณฑ์และบริการต่างๆ ของบริษัทพัฒนาไปอย่างมีคุณภาพและมีทิศทางที่ถูกต้อง

2.1.4 การประยุกต์ใช้เทคนิค QFD นิยมใช้กัน 3 รูปแบบ ดังนี้

1. แบบสี่ช่วง (Four-Phase Approach หรือ Four-Phase Model) เป็นการใช้อนุกรมของเมตริก 4 ชั้น เพื่อให้ครอบคลุมช่วงการดำเนินการ 4 ช่วงสำคัญในการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ซึ่งได้แก่ Product Planning, Product Design, Process Planning และ Production Operation Planning
2. แบบ Matrix of Matrices Approach เป็นรูปแบบดังเดิมที่ใช้ในญี่ปุ่น คิดค้นโดย Yoji Akao ตัวแบบจำลองมีขนาดใหญ่ และทำให้ทำความเข้าใจได้ยาก วิธีการนี้จะใช้เชื่อมโยงเทคนิคอื่นๆด้วย เช่น Value Engineering, Failure Mode and Effect Analysis, Reliability Analysis, Fault tree Analysis, Production Operation เป็นต้น โดยมากแล้วจะใช้งานในลักษณะของระบบเมตริก 30 เมตริก
3. แบบ Integrated QFD Approach เป็นแบบจำลองที่สร้างขึ้นตามขั้นตอนในการพัฒนาสินค้าและผลิตภัณฑ์ใหม่มีระเบียบวิธีการและขั้นตอนที่ตายตัว รวมกิจกรรมการดำเนินงาน, กิจกรรมทางธุรกิจรวมทั้งการรื้อปรับระบบ (Re-engineering) ไว้ในแบบจำลองด้วย เริ่มตั้งแต่การแปรความต้องการของลูกค้า, การพัฒนาแผนปฏิบัติการ, การกำหนดเป้าหมาย ไปจนถึงความต้องการด้านโรงงานผลิต และการปฏิบัติในการดำเนินงาน

จากเทคนิค QFD ทั้ง 3 รูปแบบ แบบสี่ช่วงจะเป็นที่นิยมในการนำไปประยุกต์ใช้มากที่สุดเนื่องจากเข้าใจง่ายและมีความคล่องตัวสูง

2.1.5 QFD กับบ้านคุณภาพ (House of Quality)

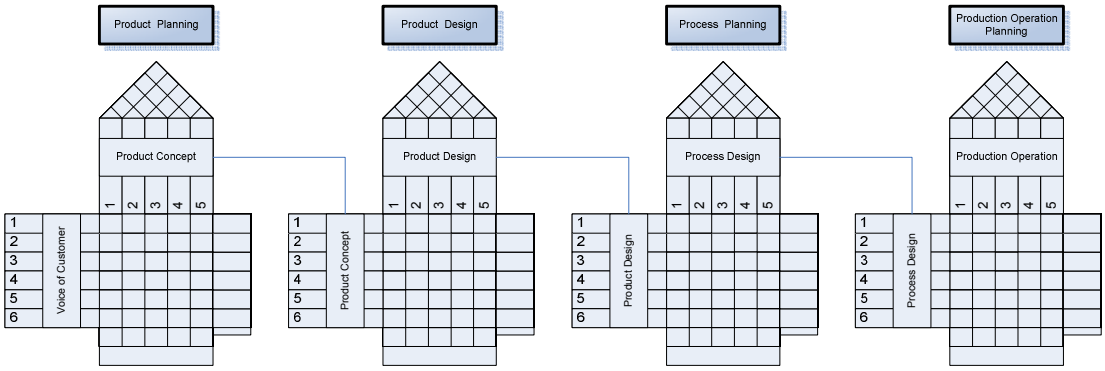
เมื่อได้ผลการสำรวจความต้องการของลูกค้า (Whats) และระดับความสำคัญของความต้องการแต่ละข้อแล้ว ทีมงานจะต้องพิจารณาข้อกำหนดทางเทคนิคต่างๆ (Hows) ที่จะสามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้ โดยนำมาเขียนอยู่ในรูปของเมตริกความสัมพันธ์ (Whats VS. Hows) และข้อกำหนดทางเทคนิคต่างๆนั้นจะถูกนำมาหาความสัมพันธ์ระหว่างกัน

และกัน โดยเขียนเป็นเมตริกรูปสามเหลี่ยมเหนือเมตริกความสัมพันธ์ระหว่าง Whats กับ Hows อันเปรียบเสมือนหลังคาของบ้านคุณภาพ

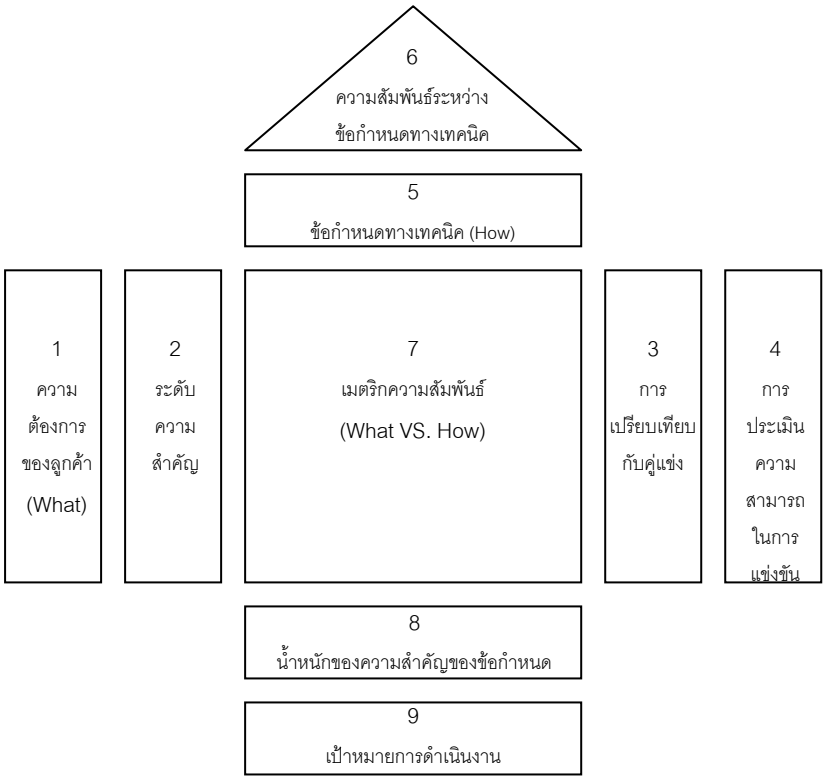
โดย QFD แบบสี่ช่วง จะมีการกระบวนการของ QFD สามารถแบ่งออกได้เป็น 4 เฟสดังนี้

1. การวางแผนผลิตภัณฑ์ (Product Planning or House of Quality)
2. การออกแบบผลิตภัณฑ์ (Product Design or Part Deployment)
3. การวางแผนการผลิต (Manufacturing or Process Planning)
4. การวางแผนขั้นตอนการผลิตและควบคุมกระบวนการ (Production Operations Planning and Process Control)

ทั้ง 4 เฟส แสดงความสัมพันธ์กันตามรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 แสดงความสัมพันธ์ของเมตริกของ HOQ แบบ 4 ช่วงของแต่ละช่วง



รูปที่ 2.2 แสดงรายละเอียดภายในของ House of Quality ของ QFD

2.1.6 ขั้นตอนการทำ QFD

1. ระบุความต้องการของลูกค้า (Voice of Customer) หรือคุณภาพที่ลูกค้าต้องการ (Required Quality) โดยการสัมภาษณ์ หรือ ออกแบบสอบถาม หรือ จากข้อมูลการร้องเรียนของลูกค้า นำมาจัดเรียงความต้องการของลูกค้า (What) ลงในช่องริมซ้ายสุดของบ้านคุณภาพ
2. ประเมินระดับความสำคัญของความต้องการของลูกค้าแต่ละข้อ
3. เปรียบเทียบสินค้าของบริษัทกับสินค้าของคู่แข่งจากมุมมองของลูกค้าและ
4. ประเมินจุดอ่อนจุดแข็งของตนเองและคู่แข่งแล้วกรอกลงในช่องทางขวามือของบ้านคุณภาพแยกตามความต้องการของลูกค้าแต่ละข้อ
5. ระบุข้อกำหนดทางเทคนิค (Technical Characteristics) หรือองค์ประกอบคุณภาพ (Quality Element) ที่จะตอบสนองความต้องการของลูกค้าแต่ละข้อ (How) ลงในช่องด้านบนของบ้านคุณภาพ

6. แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างข้อกำหนดทางเทคนิคแต่ละข้อไว้ที่ส่วนหลังคาของบ้านคุณภาพ ความสัมพันธ์ของข้อกำหนดทางเทคนิคมี 4 แบบ

    1).ความสัมพันธ์ทางบวกมาก (Strong ++)

    2).ความสัมพันธ์ทางบวก (Positive +)

    3).ความสัมพันธ์ทางลบมาก (Strong --)

    4).ความสัมพันธ์ทางลบ (Negative -)

    โดยอาจกำหนดเป็นสัญลักษณ์หรือค่าตัวเลขก็ได้ เพื่อให้ผู้ออกแบบเข้าใจว่า ถ้าเรามีการเปลี่ยนแปลงข้อกำหนดทางเทคนิคข้อใดข้อหนึ่งแล้วจะมีผลกระทบต่อข้อกำหนดทางเทคนิคข้ออื่นอย่างไรมากน้อยแค่ไหน
7. หาค่าความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการของลูกค้าและข้อกำหนดทางเทคนิคแต่ละข้อ ลงในเมตริกความสัมพันธ์ตรงส่วนกลางของตัวบ้านคุณภาพ โดยใช้สัญญลักษณ์แสดงให้เห็นถึงระดับความสัมพันธ์ระหว่างข้อกำหนดทางเทคนิคกับความต้องการของลูกค้า ว่ามีความสัมพันธ์มาก ปานกลาง หรือ น้อย
8. และในการแสดงเมตริกความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการของลูกค้าและข้อกำหนดทางเทคนิคนั้น จะแสดงด้วยสัญลักษณ์โดยอาจระบุคะแนนมากน้อยตามลำดับเช่น 1, 3, 9 เป็นต้น
9. กำหนดระดับความสำคัญของข้อกำหนดทางเทคนิคแต่ละข้อโดยพิจารณาจากระดับความสำคัญของความต้องการของลูกค้า เมตริกความสัมพันธ์ระหว่าง Whats กับ Hows และข้อมูลเปรียบเทียบกับคู่แข่งประกอบกัน ระบุข้อกำหนดทางเทคนิคที่จะนำไปใช้ออกแบบผลิตภัณฑ์ในขั้นสุดท้ายอันเป็นเป้าหมายการดำเนินงาน

2.2 การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis: FMEA)

การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effects Analysis) เป็นวิธีการป้องกันที่ใช้ในการออกแบบผลิตภัณฑ์และกระบวนการผลิต เพื่อทำให้เชื่อมั่นได้ว่าจะสามารถออกแบบและผลิตสินค้าได้ตามความต้องการของลูกค้า ในการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบของข้อบกพร่องของการออกแบบและกระบวนการนั้น จะต้องมีการจัดตั้งทีมงานที่ทำหน้าที่หาข้อบกพร่องทางด้านศักยภาพที่ลูกค้าไม่พอใจ โดยในที่นี้ คำว่า “ลูกค้า” หมายรวมถึง ผู้บริโภคขั้นสุดท้าย, สายงานผลิตและประกอบ, แผนกบริการและแผนกอื่นๆ รูปแบบตารางการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบจะช่วยบอกว่าข้อบกพร่องใดที่มี

คะแนนความเสี่ยงสูงเพื่อนำมาจัดลำดับว่าควรจะปรับปรุงการออกแบบหรือกระบวนการใดก่อน โดยมีจุดมุ่งหมายในการปรับปรุงคือ ลดคะแนนความเสี่ยงและโอกาสการเกิดลักษณะบกพร่อง รวมถึงลดความรุนแรงของผลอันเกิดจากลักษณะของข้อบกพร่อง

2.2.1 ประเภทของ FMEA

FMEA แบ่งออกเป็น 4 ประเภท คือ

1. FMEA ในงานระบบ (System FMEA) ใช้ในการวิเคราะห์ระบบและระบบย่อยต่างๆ ในขั้นตอนการออกแบบแนวคิด (Concept Design) โดย FMEA ในงานระบบจะเน้นที่การวิเคราะห์หาแนวโน้มข้อบกพร่องที่เกิดกับการทำงาน (Function) ของระบบอันเนื่องจากความไม่มีประสิทธิภาพของระบบทั้งนี้จะครอบคลุมถึงการศึกษาอิทธิพลร่วมระหว่างระบบกับองค์ประกอบต่างๆของระบบด้วย
2. FMEA ในการออกแบบ (Design FMEA) ใช้ในการวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ที่ออกแบบได้ ก่อนให้ฝ่ายผลิตดำเนินการผลิตในเชิงพาณิชย์ต่อไป โดย FMEA ประเภทนี้จะเน้นถึงข้อบกพร่องอันเนื่องจากความไม่มีประสิทธิภาพของการออกแบบ
3. FMEA ในกระบวนการผลิต (Process FMEA) ใช้ในการวิเคราะห์การผลิตและกระบวนการประกอบ โดย FMEA ประเภทนี้จะเน้นถึงข้อบกพร่องอันเนื่องจากความไม่มีประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตและการประกอบ
4. FMEA ในการบริการ (Service FMEA) ใช้ในการวิเคราะห์ถึงกระบวนการบริการก่อนจะส่งมอบให้กับลูกค้า โดย FMEA ประเภทนี้จะเน้นถึงข้อบกพร่อง (ความผิดพลาดหรือความคาดเคลื่อน) อันเนื่องจากความไม่มีประสิทธิภาพของระบบและกระบวนการ

2.2.2 การนำการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบไปใช้งาน

การนำการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบไปใช้งานมีดังนี้

(1) ใช้เมื่อมีการออกแบบผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการผลิตใหม่ เพื่อชี้บ่งและหลีกเลี่ยงข้อบกพร่องที่มีโอกาส หรือแนวโน้มที่จะเกิดขึ้นจากการออกแบบ

(2) เมื่อต้องการหาสาเหตุในการเกิดข้อบกพร่องในระบบที่มีอยู่และหาวิธีการแก้ไข

(3) ช่วยในการตัดสินใจหาทางเลือกที่เป็นไปได้โดยพิจารณาเลือกค่าความเสี่ยงที่ยอมรับได้ และประโยชน์ที่ได้จากการเลือกนั้น

(4) ใช้ในการวางแผนปฏิบัติการเพื่อชี้บ่งความเสี่ยงในแผน และหาวิธีที่จะหลีกเลี่ยง

ความเสี่ยงนั้น

2.2.3 การพัฒนาการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ

การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบมีทั้งการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบด้านการออกแบบ (Design Failure Mode and Effects Analysis: DFMEA) และการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบด้านกระบวนการผลิต (Process Failure Mode and Effects Analysis: PFMEA) มีขั้นตอนในการวิเคราะห์แบบเดียวกันเพื่อความสะดวกในการจัดทำเอกสารในการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลที่ได้ จึงได้มีการพัฒนาแบบฟอร์มกระบวนการ FMEA ขึ้นมาใช้เพื่อความสะดวกในการวิเคราะห์ โดยแบ่งขั้นตอนการวิเคราะห์ ดังนี้

1. เลือกหัวข้อที่สนใจจะทำการวิเคราะห์ และกำหนดขอบเขตรายละเอียดให้ชัดเจน โดยอาจพิจารณาจากลักษณะปัญหาที่เมื่อเกิดแล้วมีผลกระทบต่อบริษัทและลูกค้าสูง หรืออาจเป็นหัวข้อปัญหาที่มักพบเกิดขึ้นบ่อยๆ
2. ระบุวิธีที่ใช้ในการวิเคราะห์ 4 วิธีคือ
    - การวิเคราะห์แบบบนลงล่าง (Top-down Analysis) โดยทำการวิเคราะห์ระบบโดยรวม แล้วจึงแยกพิจารณาในส่วนย่อยของระบบ เช่นพิจารณาจากรถยนต์ทั้งคันก่อน หลังจากนั้นจึงทำการวิเคราะห์ ประตู กระจก คานกันกระแทกตามลำดับ
    - การวิเคราะห์แบบล่างขึ้นบน (Bottom–up Analysis) โดยทำการวิเคราะห์ระบบย่อยแต่ละส่วน จากนั้นจึงพิจารณาระบบโดยรวม เช่นพิจารณาจากชิ้นส่วนเล็กๆ ไปหาชิ้นส่วนที่ใหญ่ที่ประกอบด้วยชิ้นส่วนเล็กๆ วิธีการนี้จะตรงกันข้ามกับวิธีแรก
    - การวิเคราะห์ระดับชิ้นส่วน (Component Analysis) โดยทำการวิเคราะห์ชิ้นส่วนแต่ละชิ้นส่วน แล้วนำข้อกำหนดของชิ้นส่วน (Component Specification) มาเป็นตัวกำหนดระดับข้อบกพร่อง
    - การวิเคราะห์หน้าที่การทำงาน (Function Analysis) โดยทำการวิเคราะห์หน้าที่การทำงานของระบบ พิจารณาข้อบกพร่องที่เกิดกับผู้ใช้ตัวผลิตภัณฑ์ จากนั้นนำข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์ (Product Specification) มาเป็นตัวกำหนดระดับข้อบกพร่อง

      ในขั้นตอนนี้จะมีการพิจารณาการวิเคราะห์ความวิกฤติ ซึ่งเป็นการจัดลำดับ

ผลกระทบข้อบกพร่อง โดยทำการเปรียบเทียบกับผลกระทบข้ออื่นๆ โดยจะได้ผลลัพธ์เป็นค่าเชิงปริมาณ เพื่อพิจารณาหาลำดับความสำคัญในการแก้ไขข้อบกพร่องและผลกระทบของข้อบกพร่อง ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ควรใช้ข้อมูลจริงที่ได้จากการเก็บบันทึกของเสียจากอดีตที่ผ่านมาหรือรายงานของเสียจากลูกค้า โดยลักษณะของข้อบกพร่องของระบบ ระบบย่อย หรืออุปกรณ์ที่มีผลกระทบจากลักษณะข้อบกพร่องรุนแรงที่สุดจะถูกเลือกมาเป็นอันดับแรกในการนำมาวิเคราะห์ในขั้นต่อไป

3. กำหนดขอบเขตข้อบกพร่องที่จะวิเคราะห์ เพื่อเป็นขอบเขตในการตรวจสอบ
4. ออกแบบตารางที่เหมาะสมเพื่อทำการเก็บข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่างรวมเข้าด้วยกัน เช่น ได้มีการวัดความวิกฤติหรือไม่และถ้ามีวัดอย่างไร
5. ระบุข้อบกพร่องของอุปกรณ์หรือระบบย่อยที่มีโอกาสเกิดขึ้นได้ (Potential Failure Mode) ภายในขอบเขตที่กำหนดไว้
6. วิเคราะห์หาผลกระทบของข้อบกพร่องที่มีโอกาสเกิดขึ้นได้ (Potential Effects of Failure)
7. กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนความรุนแรงของผลกระทบของข้อบกพร่อง (Severity) แล้วทำการให้คะแนน และระบุ Class ซึ่งเป็นจุดสำคัญ จุดอันตรายที่ให้ผล severity เป็น 9-10 หรือจุดที่ถูกลูกค้าระบุใน Drawing ให้ดูแล/ควบคุม เป็นพิเศษ
8. ค้นหาสาเหตุของแต่ละข้อบกพร่อง (Potential Causes of Failure)
9. กำหนดโอกาสในการเกิด (Occurrence) ของแต่ละข้อบกพร่องและกำหนดเกณฑ์สำหรับให้คะแนนโอกาสในการเกิด
10. วิเคราะห์หาวิธีการในการตรวจสอบหาข้อบกพร่อง Detection Method และกำหนดเกณฑ์สำหรับให้คะแนนการตรวจพบข้อบกพร่อง
11. คำนวณค่าความเสี่ยงชี้นำ (Risk Priority Number: RPN) ซึ่งคำนวณได้จาก RPN = S x O x D
12. เรียงลำดับผลกระทบตามคะแนน RPN จุดใดที่มีคะแนนสูงให้ทำการแก้ไขก่อน
13. ดำเนินการหาวิธีป้องกันเพื่อลดค่าความวิกฤตลง
14. ติดตามผลการปฏิบัติการและทบทวนการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ ค่า RPN (Risk Priority Number) หรือดัชนีความเสี่ยง เป็นค่าที่ใช้กำหนดความสำคัญของ Failure Mode

    S = ค่าความรุนแรงของข้อบกพร่อง (Severity)

    O = ค่าความถี่ในการเกิดข้อบกพร่อง (Occurrence)

D = ค่าความสามารถในการตรวจพบข้อบกพร่องก่อนส่งถึงมือลูกค้า (Detection)

เกณฑ์การจัดลำดับค่า RPN จะขึ้นกับช่วงความเชื่อมั่นทางสถิติ ถ้าคะแนน RPN เท่ากันให้พิจารณาลำดับก่อนหลังจาก S ถ้าคะแนน S เท่ากันอีก ให้พิจารณาลำดับก่อนหลังจาก D การประเมินค่า RPN เริ่มต้นจากการประเมินความหมายของคำว่า “ความเสี่ยง (Risk)”

- ความเสี่ยงเล็กน้อย (Minor) ไม่ต้องมีการปฏิบัติแก้ไข
- ความเสี่ยงปานกลาง (Moderate) อาจจะมีการปฏิบัติการแก้ไขบ้าง
- ความเสี่ยงสูง (High) จะต้องมีการปฏิบัติการแก้ไขและป้องกัน และประเมินผลพร้อมตรวจสอบความถูกต้องด้วยวิธีการที่เหมาะสม
- ความเสี่ยงวิกฤติ (Critical) จะต้องมีการปฏิบัติการแก้ไขและป้องกัน พร้อมทั้งทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างจริงจัง

2.3 การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบด้านกระบวนการผลิต (Process Failure Mode and Effect Analysis: PFMEA)

การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบด้านกระบวนการผลิต มีความแตกต่างจากการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบด้านการออกแบบ กล่าวคือ จะทำการวิเคราะห์ผลกระทบของข้อบกพร่องอันเนื่องมาจาก เครื่องมือ เครื่องจักร กระบวนการประกอบและขั้นตอนการผลิตของบริษัทในการผลิตสินค้า การวิเคราะห์กระทำภายใต้สมมติฐานที่ว่าชิ้นส่วนทุกชิ้นส่วนได้รับการออกแบบมาอย่างถูกต้อง ไม่มีปัญหาข้อบกพร่องอันเนื่องมาจากกระบวนการออกแบบผลิตภัณฑ์ ลักษณะการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบด้านกระบวนการผลิตประกอบไปด้วยขั้นตอนดังนี้คือ

(1) มีการบ่งชี้ผลผลิตอันเป็นผลเกี่ยวเนื่องจากลักษณะข้อบกพร่องในกระบวนการผลิต
(2) ประเมินผลกระทบอันเกิดจากลักษณะข้อบกพร่อง
(3) บ่งชี้สาเหตุที่เป็นไปได้ของกระบวนการผลิต หรือการประกอบ และบ่งชี้ตัวแปรของกระบวนการโดยให้ความสำคัญต่อการควบคุมเพื่อลดการเกิดขึ้นหรือการตรวจพบลักษณะข้อบกพร่อง
(4) พัฒนาลำดับของข้อบกพร่องที่ได้จัดลำดับไว้ จากนั้นจัดตั้งระบบเบื้องต้นสำหรับการพิจารณาปฏิบัติการเชิงแก้ไข
(5) จัดทำเอกสารแสดงผลกระบวนการผลิตและการประกอบ

2.3.1 ลักษณะของแบบฟอร์มที่ใช้ประกอบการทำการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบด้านกระบวนการผลิต (PFMEA)

ภายหลังการออกแบบตารางในการเก็บข้อมูลสำหรับการทำการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ ซึ่งกระทำในขั้นตอนการเตรียมการสำหรับการทำ FMEA แล้วกระบวนการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบด้านกระบวนการผลิตจะเริ่มต้นด้วยการทำแผนภูมิการไหลของกระบวนการผลิต แผนภูมินี้ควรชี้บ่งลักษณะของผลิตภัณฑ์ หรือ กระบวนการระหว่างผลิต ซึ่งแผนภูมิการไหลแสดงขั้นตอนการทำงานในกระบวนการผลิตทุกขั้นตอนดังกล่าว จะเป็นรายการที่ต้องนำไปเติมในแถวแรกของตารางที่ออกแบบจากขั้นตอนการทำ PFMEA จากการพิจารณากระบวนการผลิตจะพิจารณาตามลำดับขั้นตอนต่อไปนี้ เพื่อทำการวิเคราะห์และเติมในตารางจากการทำ PFMEA ลักษณะแบบฟอร์มกระบวนการ FMEA ที่ได้พัฒนาขึ้น โดยมีรายละเอียดดังนี้

(1) *หมายเลข FMEA*
ระบุหมายเลขเอกสาร FMEA ซึ่งอาจนำไปใช้ในการติดตามต่อไปภายหลัง

(2) *วัสดุ*
กรอกชื่อและหมายเลขของ ระบบ ระบบย่อย หรือส่วนประกอบ ของกระบวนการผลิตที่ทำการวิเคราะห์

(3) *ความรับผิดชอบด้านกระบวนการ*
ใส่ชื่อของฝ่ายหรือกลุ่ม หรืออาจรวมถึงชื่อผู้ส่งมอบด้วย ด้านกระบวนการที่ทำการวิเคราะห์

(4) *จัดทำโดย*
กรอกชื่อหมายเลขโทรศัพท์และชื่อบริษัทของวิศวกรผู้รับผิดชอบในการจัดทำกระบวนการ FMEA

(5) *ปี / รุ่น*
กรอกชื่อปี รุ่น รวมทั้งสายการผลิต ที่ทำการวิเคราะห์ซึ่งจะเป็นประโยชน์หรือได้รับผลกระทบจากการออกแบบ

(6) *วันที่ป้อน*
ระบุวันที่เริ่มต้นทำการวิเคราะห์กระบวนการ FMEA ซึ่งไม่ควรช้ากว่าวันที่เริ่มต้นการผลิตตามกำหนดการ

(7) *วันที่ของ FMEA*

ระบุวันที่จัดทำต้นฉบับ FMEA รวมทั้งวันที่ที่ได้รับการทบทวนครั้งล่าสุด

(8) *คณะผู้ทำงานหลัก*

กรอกรายชื่อบุคคลและแผนกซึ่งเป็นผู้รับผิดชอบและผู้มีอำนาจหน้าที่ในการกำหนดหรือดำเนินการวิเคราะห์กระบวนการ (ข้อเสนอแนะให้ระบุรายชื่อ แผนก หมายเลขโทรศัพท์ ที่อยู่ ฯลฯ ของสมาชิกในคณะทีมงานทั้งหมด)

(9) *หน้าที่ของกระบวนการและข้อกำหนด*

กรอกรายละเอียดเกี่ยวกับกระบวนการหรือการปฏิบัติงานที่ทำการวิเคราะห์ เช่น การกลึงรูปร่าง การเจาะ การเคาะ การเชื่อม การประกอบ เป็นต้น เพื่อเป็นการกำหนดจุดประสงค์ในการวิเคราะห์ ลักษณะข้อความที่ใช้นั้นควรที่จะกระทัดรัดและเข้าใจง่ายในกรณีที่กระบวนการหรือการปฏิบัติงานที่ทำการวิเคราะห์มีหลายขั้นตอน และมีข้อบกพร่องที่แตกต่างกันแต่ละกระบวนการ

(10) *ลักษณะข้อบกพร่องด้านศักยภาพ*

โดยคณะทีมงานจะต้องทำการวิเคราะห์ขั้นตอนการผลิตแต่ละขั้นตอนว่า จะเกิดความผิดพลาด ไม่เป็นไปตามหน้าที่ที่กำหนดในการออกแบบไว้ได้อย่างไร อาจเป็นสาเหตุหนึ่งร่วมกับอีกสาเหตุหนึ่ง ที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องในการปฏิบัติงานลำดับก่อนหน้านี้หรือถัดไป ทั้งนี้โดยกำหนดสมมติฐานว่าข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์ที่ได้กำหนดขึ้นอย่างถูกต้องเหมาะสมทั้งในขั้นตอนการออกแบบ การจัดซื้อวัสดุ และกระบวนการอื่นๆก่อนหน้านี้ได้ถูกจัดทำอย่างถูกต้องมาตั้งแต่เบื้องต้นแล้ว ลักษณะสาเหตุของข้อบกพร่องที่มักเกิดขึ้นได้อาจมีสาเหตุดังต่อไปนี้ การโค้งงอ การแตกร้าว การลงดิน การยึดติดกันการเสียรูปทรง การเปิดวงจร การเลื่อนจาง ความสกปรก การลัดวงจร การใช้งานชำรุด การปรับตั้งไม่ถูกต้อง การหมดสภาพของเครื่องมือ

(11) *ผลกระทบของข้อบกพร่องด้านศักยภาพ*

คณะทีมงานต้องทำการหาคำตอบว่าจะเกิดผลกระทบอย่างไร หากจุดบกพร่องที่ทีมงานได้ระบุไว้ในข้อ 10 ได้เกิดขึ้น โดยจุดบกพร่องหรือลักษณะอย่างหนึ่ง อาจเกิดผลกระทบได้หลายรูปแบบ สิ่งที่สำคัญคือทีมงานจะต้องพยายามใช้จินตนาการหรือความคิดในการค้นหารูปแบบของผลกระทบอันเกิดจากลักษณะข้อบกพร่องที่มีผลต่อคุณภาพให้ได้มากและครอบคลุมทั้งหมด

(12) *ภาวะความรุนแรง (S)*

ภาวะความรุนแรงของผลกระทบ (Severity of Effect) คณะทีมงานจะต้องทำการ

วิเคราะห์และประเมินความรุนแรงของผลที่เกิดจากลักษณะข้อบกพร่องที่มีต่อลูกค้า ภาวะความรุนแรงที่กล่าวถึงนี้ควรได้รับการประเมินไว้เป็นสเกลตั้งแต่ “1” ถึง “10” ดูรายละเอียดในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 เกณฑ์การประเมินความรุนแรง (S) สำหรับ PFMEA

ผลกระทบ	**เกณฑ์: ความรุนแรงของผลกระทบ** การจัดระดับนี้จะใช้เมื่อแนวโน้มความล้มเหลวที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องต่อลูกค้าหรือในการผลิต/ประกอบของลูกค้า กรณีที่เกิดเหตุการณ์ได้ทั้ง 2 ลักษณะ ให้เลือกใช้ค่าความรุนแรงที่มากกว่า (ผลกระทบต่อลูกค้า)	**เกณฑ์: ความรุนแรงของผลกระทบ** การจัดระดับนี้จะใช้เมื่อแนวโน้มความล้มเหลวที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องต่อลูกค้าหรือในการผลิต/ประกอบของลูกค้า กรณีที่เกิดเหตุการณ์ได้ทั้ง 2 ลักษณะ ให้เลือกใช้ค่าความรุนแรงที่มากกว่า (ผลกระทบต่อการผลิต/ประกอบ)	**ระดับคะแนน**
อันตรายร้ายแรงโดยไม่มีการเตือนล่วงหน้า	อันดับความรุนแรงสูงมาก เมื่อแนวโน้มความล้มเหลวส่งผลกระทบต่อความปลอดภัย การทำงานของยานยนต์และ/หรือไม่สอดคล้องกับกฎระเบียบของรัฐโดยไม่มีการเตือน	หรืออาจส่งผลอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงาน (เครื่องจักร, การประกอบ) โดยไม่มีการเตือน	10
อันตรายร้ายแรงแต่มีการเตือนล่วงหน้า	อันดับความรุนแรงสูงมาก เมื่อแนวโน้มความล้มเหลวส่งผลกระทบต่อความปลอดภัยในการทำงานของยานยนต์และ/ หรือไม่สอดคล้องกับกฎระเบียบของรัฐโดยมีการเตือน	หรืออาจส่งผลอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงาน (เครื่องจักร, การประกอบ) โดยมีการเตือน	9
สูงมาก	ความบกพร่องซึ่งทำให้ยานยนต์/ส่วนประกอบไม่สามารถใช้งานได้ (สูญเสียความสามารถในการทำงานตามจุดประสงค์พื้นฐาน)	หรือผลิตภัณฑ์ต้องถูกกำจัดทิ้ง (100%) หรือยานยนต์/ส่วนประกอบต้องถูกซ่อมในหน่วยงาน ซ่อมด้วยระยะเวลาเกิน 1 ชั่วโมง	8
สูง	ความบกพร่องซึ่งทำให้ยานยนต์/ส่วนประกอบสมรรถนะการทำงานที่ลดลง แต่ยังใช้งานได้ ทำให้ลูกค้าไม่พอใจอย่างมาก	หรืออาจต้องมีการคัดแยกผลิตภัณฑ์ และบางส่วนต้องถูกกำจัดทิ้ง (น้อยกว่า 100%) หรือยานยนต์/ส่วนประกอบต้องถูกซ่อมในหน่วยงานซ่อม	7
ปานกลาง	ความบกพร่องซึ่งยานยนต์/ส่วนประกอบทำงานได้ แต่ส่วนประกอบที่เกี่ยวกับความสะดวกสบายไม่สามารถใช้งานได้ ทำให้ลูกค้าไม่พอใจ	หรือส่วนหนึ่งของผลิตภัณฑ์ (น้อยกว่า 100%) อาจต้องถูกกำจัดทิ้ง โดยไม่ต้องคัดแยก หรือยานยนต์/ส่วนประกอบ ต้องถูกซ่อมในหน่วยงานซ่อมด้วยระยะเวลาไม่เกินครึ่งชั่วโมง	6
ต่ำ	ความบกพร่องซึ่งยานยนต์/ส่วนประกอบทำงานได้ แต่ส่วนประกอบที่เกี่ยวกับความสะดวกสบายมีสมรรถนะการทำงานที่ลดลง แต่ใช้งานได้	หรือผลิตภัณฑ์ (100%) อาจถูกแก้ไข, หรือยานยนต์/ส่วนประกอบถูกซ่อมนอกสายการผลิตโดยไม่ต้องส่งไปยังหน่วยงานซ่อม	5
ต่ำมาก	ส่วนประกอบมีความไม่สอดคล้องในด้านความพอดี, การตกแต่ง, เสียงสั่นดัง ลูกค้าส่วนใหญ่ (มากกว่า 75%) สังเกตได้	หรือผลิตภัณฑ์อาจถูกคัดแยก และบางส่วน (น้อยกว่า 100%) ถูกแก้ไขได้โดยไม่ต้องกำจัดทิ้ง	4

เล็กน้อย	ส่วนประกอบมีความไม่สอดคล้องในด้านความพอดี, การตกแต่ง, เสียงสั่นดัง ลูกค้าส่วนหนึ่ง (มากกว่า 50%) สังเกตได้	หรือผลิตภัณฑ์บางส่วน (น้อยกว่า 100%) ถูกแก้ไขโดยไม่มีการกำจัดทิ้ง, โดยการแก้ไขกระทำในสายการผลิตแต่นอกหน่วยผลิต	3
เล็กน้อยมาก	ส่วนประกอบมีความไม่สอดคล้องในด้านความพอดี, การตกแต่ง, เสียงสั่นดัง ลูกค้าส่วนน้อย (น้อยกว่า 25%) สังเกตได้	หรือ ผลิตภัณฑ์บางส่วน (น้อยกว่า 100%) ถูกแก้ไขโดยไม่มีการกำจัดทิ้ง, โดยการแก้ไขกระทำในสายการผลิตและในหน่วยผลิต	2
ไม่มีเลย	ไม่มีผลใดๆ	หรือ เกิดความไม่สะดวกต่อกระบวนการ, ผู้ปฏิบัติงาน หรือไม่มีผลกระทบ	1

(13) *การจัดประเภท*

คณะทีมงานอาจจะมีการจัดประเภทของระบบ ระบบย่อย หรือส่วนประกอบเพื่อการชี้บ่งว่าระบบดังกล่าวทำให้เกิด จุดวิกฤต หรือจุดสำคัญ ต่อระบบการทำงาน เพื่อใช้ในการควบคุมกระบวนการผลิตเพิ่มเติม เมื่อมีการจัดประเภทในกระบวนการผลิตจะต้องแจ้งต่อผู้รับผิดชอบด้านการออกแบบทำการแก้ไขเอกสารที่เกี่ยวข้องเชิงวิศวกรรมต่างๆ เพื่อใช้เป็นจุดควบคุมต่อไป

(14) *สาเหตุของการเกิดข้อบกพร่องด้านศักยภาพและกลไก*

การวิเคราะห์สาเหตุของการเกิดข้อบกพร่อง ถือได้ว่าในขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่สำคัญมากในการจัดทำ FMEA เนื่องจากการหาสาเหตุได้อย่างถูกต้องจะสามารถนำไปสู่การแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในขั้นตอนนี้จะต้องมีการระมัดระวังไม่ให้เกิดความสับสนระหว่างสาเหตุของลักษณะข้อบกพร่อง และผลกระทบของลักษณะข้อบกพร่อง โดยทีมงานจะต้องทำการเขียนสาเหตุทุกสาเหตุที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องอย่างละเอียดมาแต่ละข้อ ซึ่งสาเหตุจากคน เครื่องจักร วัตถุดิบ หรือขั้นตอนวิธีการทำงานการวิเคราะห์การเกิดข้อบกพร่อง ถือว่าการผลิตชิ้นส่วนจะต้องเป็นไปตามข้อกำหนดทางวิศวกรรม ที่ถูกระบุอยู่ในแบบของชิ้นส่วน สำหรับสาเหตุของข้อบกพร่องโดยทั่วไป อาจมีสาเหตุมาจากแรงบิดไม่ถูกต้องอาจจะสูงหรือต่ำเกินไป การเชื่อมไม่ถูกต้อง เช่น ค่ากระแส เวลา แรงดัน ความคลาดเคลื่อนของเครื่องมือวัด กรรมวิธีการให้ความร้อนไม่ถูกต้อง เช่น เวลา อุณหภูมิ การปิดกั้น การระบายที่ไม่เพียงพอ การหล่อลื่นไม่เพียงพอ ชิ้นส่วนประกอบไม่ครบหรือใส่ชิ้นส่วนผิดตำแหน่ง เป็นต้น

(15) *โอกาสที่ข้อบกพร่องเกิดขึ้น (O)*

โอกาสที่ข้อบกพร่องเกิดขึ้น ได้แก่ แนวโน้มหรือโอกาสของสาเหตุที่อาจจะเกิด

ความเสียหายขึ้นได้ในระหว่างกระบวนการผลิต หลังจากที่คณะทีมงานได้ทำการหาสาเหตุและผลกระทบอันเกิดจากลักษณะข้อบกพร่องแล้ว คณะทีมงานจะต้องทำการประเมินความเสี่ยงของลักษณะข้อบกพร่องในแต่ละข้อ ในขั้นตอนนี้คณะทีมงานจะต้องจัดทำสเกลขึ้นมาเพื่อจัดระดับความเสี่ยง โดยปกติแล้วการกำหนดสเกลที่มีจำนวนระดับมากๆ สมาชิกในทีมจะต้องใช้ในการแบ่งระดับให้กับลักษณะข้อบกพร่องแต่ละข้อ ทำให้กระบวนการวิเคราะห์มีประสิทธิภาพลดลง โดยส่วนใหญ่ในการใช้งานแบบสเกล 1-10 ดังรายละเอียดในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 เกณฑ์การประเมินความถี่ในการเกิด (O) สำหรับ PFMEA

ความน่าจะเป็นของการเกิดความล้มเหลว	โอกาสการเกิด	ระดับ
สูงมาก : เกิดความล้มเหลวบ่อยมาก	> 100 ครั้ง ต่อ1,000 ชิ้นงาน	10
	50 ครั้ง ต่อ1,000 ชิ้นงาน	9
สูง : เกิดความล้มเหลวถี่	20 ครั้ง ต่อ 1,000 ชิ้นงาน	8
	10 ครั้ง ต่อ 1,000 ชิ้นงาน	7
ปานกลาง : เกิดความล้มเหลวเป็นครั้งคราว	5 ครั้ง ต่อ 1,000 ชิ้นงาน	6
	2 ครั้ง ต่อ 1,000 ชิ้นงาน	5
	1 ครั้ง ต่อ 1,000 ชิ้นงาน	4
ต่ำ : เกิดความล้มเหลวน้อยครั้ง	0.5 ครั้ง ต่อ 1,000 ชิ้นงาน	3
	0.1 ครั้ง ต่อ 1,000 ชิ้นงาน	2
แทบไม่เกิด : ความล้มเหลวไม่น่าจะเกิดขึ้นเลย	0.01 ครั้ง ต่อ 1,000 ชิ้นงาน	1

(16) *การควบคุมกระบวนการปัจจุบัน*

การควบคุมกระบวนการปัจจุบันเป็นการระบุรายละเอียดที่ต้องการควบคุม เพื่อป้องกันมิให้เกิดข้อบกพร่องหรือการตรวจสอบว่ามีข้อบกพร่องเกิดขึ้นหรือไม่

(17) *โอกาสการตรวจพบลักษณะข้อบกพร่อง (D)*

โอกาสการตรวจพบลักษณะข้อบกพร่อง (Detection) ได้แก่ การประเมินความสามารถของการควบคุมกระบวนการผลิตในปัจจุบันว่ามีประสิทธิภาพเพียงใด ซึ่งทีมงานจะต้องทำการประเมินว่าถ้ามีลักษณะข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต กระบวนการควบคุมปัจจุบันจะสามารถตรวจพบลักษณะข้อบกพร่องได้มากน้อยเพียงใด โดยการจัดลำดับของโอกาสในการตรวจพบจะอยู่ในลักษณะตรงข้าม

กับการจัดลำดับโอกาสการเกิดลักษณะข้อบกพร่อง และความรุนแรงของผลกระทบจากลักษณะข้อบกพร่อง กล่าวคือ ถ้าโอกาสในการตรวจพบมีน้อย ค่าคะแนนหรือระดับจะมีค่ามาก ดูรายละเอียดได้ในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 เกณฑ์การประเมินความเป็นไปได้ในการตรวจพบ (D) สำหรับ PFMEA

การตรวจพบ	เกณฑ์	ประเภทของการตรวจพบ			การควบคุมที่ใช้เพื่อให้ตรวจพบ	ระดับ
		A	B	C		
แทบเป็นไปไม่ได้	ไม่สามารถตรวจพบได้			X	ไม่สามารถตรวจพบหรือไม่มีการตรวจ	10
เป็นไปได้ยากมาก	เป็นไปได้ยากมากที่การควบคุมจะตรวจพบ			X	การควบคุมมีเพียงการตรวจสอบทางอ้อมหรือการสุ่มตรวจสอบเท่านั้น	9
เป็นไปได้ยาก	เป็นไปได้ยากที่การควบคุมจะตรวจพบ			X	การควบคุมมีเพียงการสุ่มตรวจสอบด้วยสายตาเท่านั้น	8
ต่ำมาก	เป็นไปได้ยากที่การควบคุมจะตรวจพบ			X	การควบคุมมีเพียงการตรวจสอบด้วยสายตา 2 ครั้งเท่านั้น	7
ต่ำ	การควบคุมอาจตรวจพบได้		X	X	การควบคุมมีการใช้ผังควบคุม เช่น SPC (การควบคุมกระบวนการด้วยวิธีทางสถิติ)	6
ปานกลาง	การควบคุมอาจตรวจพบได้		X		มีการใช้เกจต่างๆตรวจสอบหลังจากชิ้นงานออกจากหน่วยผลิต หรือมีการใช้ Go/NoGo เกจตรวจสอบ 100% จากงานที่ออกจากหน่วยผลิต	5
ปานกลางถึงค่อนข้างสูง	การควบคุมมีโอกาสสูงที่จะตรวจพบ	X	X		ตรวจสอบข้อบกพร่องในกระบวนการย่อยต่างๆได้ หรือใช้เกจตรวจสอบการตั้งเครื่องและชิ้นงานแรก (สำหรับการตั้งเครื่องเท่านั้น)	4
สูง	การควบคุมมีโอกาสสูงที่จะตรวจพบ	X	X		ตรวจสอบข้อบกพร่องในจุดปฏิบัติงานหรือตรวจพบในกระบวนการย่อยต่างๆได้ โดยมีการกรองเพื่อยอมรับในหลายระดับโดยไม่มีการยอมรับชิ้นงานบกพร่อง	3
สูงมาก	การควบคุมมีโอกาสค่อนข้างแน่นอนที่จะตรวจพบ	X	X		ตรวจพบข้อบกพร่องในจุดปฏิบัติงาน (มีการใช้เกจอัตโนมัติร่วมกับการหยุดอัตโนมัติ) ซึ่งไม่สามารถที่จะส่งต่อชิ้นงานเสียได้	2

สูงมากที่สุด	การควบคุมแน่นอนที่จะตรวจพบ	X			ไม่สามารถเกิดชิ้นงานที่บกพร่องได้เนื่องจากมีการป้องกันความผิดพลาดโดยกระบวนการและการออกแบบผลิตภัณฑ์	1

ชนิดของการตรวจสอบ

A = ตัวป้องกันความผิดพลาด

B = ใช้เครื่องมือตรวจสอบ

C = การตรวจสอบโดยผู้ปฏิบัติงาน

(18) *ค่าตัวเลขระดับความเสี่ยงชี้นำ (RPN)*

ค่าตัวเลขระดับความเสี่ยงชี้นำ หรือบางครั้งเรียกว่า Criticality Index นี้ ช่วยให้ทีมงานทราบว่าลักษณะข้อบกพร่องใดที่จะทำให้กระบวนการผลิตประสบความผิดพลาดหรือล้มเหลวได้ การเปรียบเทียบค่า RPN ของลักษณะข้อบกพร่องในแต่ละข้อสามารถทำให้ทีมงานจัดลำดับลักษณะข้อบกพร่องที่มีความสำคัญจากมากไปน้อยในการพิจารณาดำเนินการเลือกลำดับก่อนหลังในการปฏิบัติการแก้ไขได้ อย่างไรก็ตามเมื่อภาวะรุนแรงสูงในกระบวนการผลิตทีมงานจะต้องทำการแก้ไขข้อบกพร่องอย่างเร่งด่วน โดยไม่จำเป็นต้องคำนึงถึงผลลัพธ์ของค่า RPN ที่ได้ (ค่า RPN มีค่าระหว่าง 1 – 1,000 โดย RPN = S x O x D)

(19) *ปฏิบัติการเสนอแนะ*

ทำการปฏิบัติการแก้ไขและป้องกัน หลังจากที่ได้ทำการพิจารณาค่า RPN ซึ่งการดำเนินการนี้จะสามารถช่วยในการกำจัดลักษณะข้อบกพร่อง หรือสามารถลดคะแนนตัวเลข RPN ลงได้ การแก้ไขควรพิจารณาจากสาเหตุข้อบกพร่องที่มีค่า RPN อันดับสูงสุดก่อน โดยมุ่งหมายที่จะลดภาวะความรุนแรงที่เกิดขึ้นและโอกาสการตรวจพบของข้อบกพร่อง โดยทีมงานจะต้องทำการพัฒนาทางเลือกในการแก้ปัญหาได้มากกว่า 1 ทางเลือกสำหรับแต่ละสาเหตุของลักษณะข้อบกพร่องโดยปฏิบัติการแก้ไขป้องกันที่จัดทำขึ้นเพื่อกำจัดสาเหตุของการเกิดลักษณะข้อบกพร่องที่จะทำให้ลักษณะข้อบกพร่องถูกกำจัดไปด้วยทันทีเช่นกันหากไม่สามารถคิดปฏิบัติการป้องกันได้ พิจารณาหาวิธีในการลดค่า RPN ด้วยการอาจจะลดโอกาสที่ลักษณะข้อบกพร่องจะเกิดขึ้นลดความรุนแรงของผลกระทบจากลักษณะข้อบกพร่อง และเพิ่มโอกาสในการตรวจพบลักษณะข้อบกพร่อง ในกรณีที่ไม่มี

ปฏิบัติการเสนอแนะให้ระบุว่า “ไม่มี”

(20) *ความรับผิดชอบ (สำหรับปฏิบัติการที่เสนอแนะ)*

ระบุชื่อบุคคลหรือหน่วยงานซึ่งเป็นผู้รับผิดชอบสำหรับปฏิบัติการที่เสนอแนะ รวมทั้งวันที่ ที่กำหนดให้ดำเนินการแก้ไขเสร็จสิ้นตามเป้าหมาย

(21) *ปฏิบัติการที่ดำเนินการ*

หลังจากปฏิบัติการได้รับการนำไปปฏิบัติตามแล้วให้ระบุรายละเอียดโดยย่อของปฏิบัติการที่ดำเนินการจริงพร้อมทั้งระบุวันที่ที่ได้ดำเนินการ

(22) *ผลการปฏิบัติการด้านค่า RPN*

ในกระบวนการผลิต FMEA บางครั้งรวมเอาการทวนการคำนวณค่า RPN เข้าไปด้วยเพื่อวัดผลการปฏิบัติการแก้ไขต่อกระบวนการผลิตด้วยเมื่อปฏิบัติการแก้ไขเสร็จสิ้นลงจะต้องมีการบันทึกค่า RPN ก่อนและหลังการดำเนินการปฏิบัติการแก้ไข โดยค่า RPN ที่ลดลงเป็นหลักฐานยืนยันถึงประโยชน์จากการดำเนินการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบต่อคุณภาพ

การติดตามผลงานผู้รับผิดชอบกระบวนการผลิต จะต้องสามารถประกันได้ว่าการปฏิบัติหรือได้รับการระบุรายละเอียดไว้อย่างเพียงพอแล้วเอกสาร FMEA เป็นเอกสารใช้งานซึ่งควรแสดงให้เห็นถึงระดับการเปลี่ยนแปลงการออกแบบครั้งล่าสุดเสมอ รวมทั้งระดับปฏิบัติการครั้งล่าสุดที่เกี่ยวข้อง ทีมงานผู้รับผิดชอบในกระบวนการผลิตจะต้องสามารถหาวิธีการหลายๆวิธี เพื่อแสดงให้เห็นว่าข้อกำหนดในกระบวนการผลิตและปฏิบัติการเสนอแนะต่างๆ ได้รับการนำไปแก้ไขและปฏิบัติตาม เป้าหมายพื้นฐานของการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบต่อคุณภาพด้านกระบวนการ หรือ การทำ Process FMEA คือ เพื่อกระตุ้นให้เกิดปฏิบัติการแก้ไขป้องกันซึ่งช่วยในการปรับปรุงกระบวนการผลิตในครั้งต่อไป ดังนั้นกิจกรรมนี้จะประสบความสำเร็จลุล่วงตามขั้นตอนได้ก็ต่อเมื่อบริษัทได้มีการดำเนินการปฏิบัติตามการแก้ไข และป้องกันซึ่งทางทีมงาน FMEA ได้เสนอไว้

2.3.2 ประโยชน์ของการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ

1. ช่วยในการตัดสินใจหาทางเลือกที่เป็นไปได้ของการออกแบบและกระบวนการในการผลิตผลิตภัณฑ์ โดยพิจารณาเลือกค่าความเสี่ยงที่ยอมรับได้
2. ใช้ในการวางแผนปฏิบัติการคุณภาพ เพื่อระบุความเสี่ยงในแต่ละแผน และช่วยในการเตรียมการค้นหาวิธีในการหลีกเลี่ยงปัญหาต่างๆ

3. มีประโยชน์สำหรับกรณีที่มีการออกแบบสินค้า หรือกระบวนการผลิตใหม่ๆ โดยช่วยชี้บ่งและระบุข้อหลีกเลี่ยงข้อบกพร่องอันมีโอกาสเกิดขึ้นได้จากการออกแบบและกระบวนการผลิต
4. ช่วยลดจุดอันตราย และช่วยในการวางแผน ค้นหาวิธีการในการตรวจสอบคุณภาพเพื่อยืนยันว่ากระบวนการผลิตมีความน่าเชื่อถือและสามารถผลิตผลิตภัณฑ์ได้คุณภาพตามมาตรฐานที่กำหนด
5. ช่วยในการกำหนดข้อจำกัดในการปฏิบัติงาน และการบำรุงรักษาเชิงป้องกันเครื่องมือและเครื่องจักรต่างๆ ที่ใช้ในกระบวนการผลิต
6. ช่วยในการชี้จุดหรือบริเวณที่มีปัญหาในกระบวนการผลิต ซึ่งในการปฏิบัติงานจะต้องใช้ความระมัดระวังและให้ความสนใจเป็นพิเศษ
7. นำเสนอวิธีการจัดลำดับความสำคัญก่อนหลังสำหรับปฏิบัติการแก้ไขและปรับปรุงกระบวนการผลิต
8. เป็นเครื่องมือที่ช่วยส่งเสริมการทำงานเป็นทีม
9. ช่วยในการรวบรวมข้อมูลสำคัญที่ใช้ในการวางแผนกำหนดคุณลักษณะของกระบวนการ

2.4 **โครงสร้างอาคารชิ้นส่วนสำเร็จรูป** (Precast Concrete Structure)

2.4.1 **ความเป็นมา**

ระบบสำเร็จรูปถูกใช้ในการก่อสร้างอาคารเพื่อเหตุผลหลักๆ คือ ลดค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง ความรวดเร็วในการก่อสร้าง และคุณภาพของงานที่ออกมามีมาตรฐาน ระบบสำเร็จรูปเป็นผลพวงจากเครื่องมือที่ดีขึ้นและระบบการขนส่งในช่วงศตวรรษที่ 19 ในระยะแรกส่วนประกอบของระบบสำเร็จรูปมักจะใช้ไม้และเหล็กเป็นส่วนใหญ่ เริ่มจากการใช้ในอาคารพักอาศัยและอาคารสาธารณะต่างๆ ตัวอย่างที่สำคัญที่เป็นตัวอย่างแห่งวิวัฒนาการที่สำคัญของระบบสำเร็จรูปเกิดขึ้นในช่วงสงคราม Crimean ในช่วงปี 1854 - 1855 ในเวลาสองเดือนที่พักทหารจำนวน 1,400 หลัง สามารถสร้างได้ด้วยระบบสำเร็จรูปในอังกฤษ ก่อนที่จะถูกส่งไปที่สู้รบจริงซึ่งอยู่ห่างออกไป 5,000 กม. แต่ละหลังใช้ไม้เป็นโครงสร้างหลักและผนัง เพื่อเป็นที่พักให้แก่ทหารอังกฤษและฝรั่งเศสจำนวนประมาณ 20-25 คนต่อหลัง อีกตัวอย่างที่สำคัญของระบบสำเร็จรูปคือ Crystal Palace ที่ London ซึ่งสร้างไว้สำหรับงาน Expo ในปี 1851 ส่วนประกอบต่างๆ เป็นส่วนประกอบ

สำเร็จรูปของเหล็กกับกระจก เป็นการใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีอันก้าวหน้าทางอุตสาหกรรมของอังกฤษ ซึ่งสามารถผลิตชิ้นส่วนต่างๆ ของอาคารได้แล้ว

ในช่วงศตวรรษที่ 19 คอนกรีตเสริมเหล็กเข้ามามีบทบาทอย่างสูงในการก่อสร้างอาคารบ้านเรือน ข้อได้เปรียบของวัสดุนี้คือ ส่วนประกอบหลักเป็น ทราย หิน กรวด น้ำ ซึ่งเป็นวัสดุที่สามารถหาได้โดยง่ายทั่วไป และสามารถก่อรูปได้มากมายหลายรูปแบบ ในแง่ของโครงสร้างก็มีความแข็งแรง ทนทานต่อสภาพแวดล้อม คอนกรีตเสริมเหล็กจึงเข้ามาแทน ไม้ เหล็ก อย่างรวดเร็ว ส่วนประกอบสำเร็จรูปที่เคยใช้เหล็กหรือไม้ในอดีต ระบบ Precast Concrete จึงถูกพัฒนาขึ้น Precast Concrete ถูกใช้ครั้งแรกโดย W.H. Lascells ในอังกฤษ เมื่อปี 1878 เขาใช้ผนังคอนกรีตหล่อสำเร็จบางๆมาประกอบเข้ากับเสาไม้และใช้ตงคอนกรีตหล่อสำเร็จเป็นโครงสร้างพื้นสำหรับบ้านหลังเล็กๆ

ระบบสำเร็จรูปได้ถูกพัฒนาในระดับสูงเมื่อพัฒนาการทางการขนส่งและเครื่องมือในการยกของหนักหรือเครนในการก่อสร้าง โดยเฉพาะในช่วงหลังสงครามโลกครั้งที่ 2 ความต้องการที่พักอาศัยมีอย่างมากมาย ในระยะเริ่มต้นนั้นส่วนประกอบสำเร็จในการก่อสร้างอาคารมีทั้ง พื้นสำเร็จรูป โครงสร้างทางด้านตั้ง ผนังภายนอก บันได ส่วนประกอบทางสุขภัณฑ์ เหล่านี้จะทำให้การก่อสร้างจำนวนมากๆ มีมาตรฐานในการก่อสร้างมากขึ้น

ความต้องการระบบก่อสร้างแบบสำเร็จรูปมาถึงยุครุ่งเรืองที่สุดในช่วงปี 1950s, 1960s และปี 1970s ในยุโรปตะวันออกซึ่งระบบสำเร็จกลายเป็นกระบวนการก่อสร้างหลักของประเทศเหล่านี้ ทางฝั่งยุโรปตะวันตกก็มีการก่อสร้างสำเร็จมากขึ้นเพื่อการก่อสร้างเมืองใหม่ขึ้นมาข้างเคียงบ้านเรือนสมัยเก่าและอาคารที่พักสมัยใหม่ต่างๆ ระบบคอนกรีตสำเร็จรูปเข้าไปในอเมริกาซึ่งมีความเชี่ยวชาญในระบบสำเร็จรูปแบบเบาของการทำบ้านสำเร็จรูปขนาดเล็กที่เรียกว่า Mobile House ซึ่งเป็นที่พักอาศัยสำหรับผู้มีรายได้ต่ำเป็นหลัก ในช่วงต้นปี 1970s อเมริกามีความต้องการสร้างอาคารชุดที่พักอาศัยขนาดใหญ่มากมายทำให้ระบบคอนกรีตสำเร็จรูปอยู่ในความสนใจของวงการก่อสร้างในอเมริกามากขึ้น

กล่าวได้ว่าระบบก่อสร้างสำเร็จรูปเกิดขึ้นมาเพื่อตอบสนองต่ออาคารที่พักอาศัยเป็นหลักในระยะเริ่มต้น อย่างไรก็ตามระบบสำเร็จรูปนี้ได้ถูกทบทวนและนำมาเปรียบเทียบข้อดีข้อเสียกับระบบก่อสร้างแบบเดิมเพื่อตัดสินใจในการเลือกแนวทางอยู่เสมอ ความไม่เข้าใจในระบบของผู้ออกแบบและผู้ก่อสร้างทำให้การก่อสร้างอาคารสำเร็จรูปไม่ประสบความสำเร็จในหลายๆ โครงการ เมื่อเปรียบเทียบต้นทุนการก่อสร้างที่เพิ่มขึ้นอย่างมากของระบบสำเร็จรูปทำให้นักลงทุน

หรือเจ้าของอาคารเลือกที่จะใช้กระบวนการก่อสร้างแบบเดิมๆ ที่มีความเสี่ยงน้อยกว่า ความต้องการในระบบสำเร็จแบบเต็มรูปแบบมีความนิยมลดน้อยลงเรื่อยๆ

ในปัจจุบันเทคโนโลยีในการก่อสร้างและการขนส่ง เปิดโอกาสให้ระบบสำเร็จรูปกลับมาได้รับความนิยมอีกครั้ง หากสถาปนิกหันมาทำความเข้าใจและศึกษาในหัวข้อนี้อย่างจริงจัง ระบบสำเร็จรูปก็น่าจะเป็นทางเลือกในการก่อสร้างที่ดี

2.4.2 รูปแบบของระบบสำเร็จรูป

เนื่องจากในประเทศไทยคอนกรีตเสริมเหล็กยังคงเป็นวัสดุหลักในการก่อสร้าง รูปแบบสำเร็จรูปในการก่อสร้างจึงเน้นเป็น Precast Concrete ซึ่งสามารถทำได้ทั้งแบบหล่อกับที่ (Site Cast) และหล่อจากโรงงาน (Plant Cast)

2.4.2.1 Site Cast Units

โครงสร้างคอนกรีตสามารถที่จะหล่อสำเร็จก่อนที่จะยกไปติดตั้งโดยใช้เครนยก การหล่อสำเร็จที่สถานที่ก่อสร้างมีข้อได้เปรียบการหล่อจากโรงงานหลายประการ เช่น สามารถหล่อส่วนประกอบที่มีขนาดใหญ่กว่า เพราะไม่ต้องคำนึงถึงการขนส่งมาก เหมาะสำหรับการหล่อคานขนาดใหญ่ แต่ก็ต้องคำนึงถึงกำลังในการยกของเครนด้วย ข้อเสียคือ ในภาวะที่อากาศเลวร้ายจะทำให้การก่อสร้างล่าช้า และต้องเผื่อเวลาในการเซตตัวของคอนกรีต

Precast Concrete ที่นิยมหล่อกับที่ได้แก่ พื้นหรือผนัง เพราะจะช่วยลดขั้นตอนในการขนคอนกรีตขึ้นไปเทบนอาคาร การออกแบบพื้นหรือผนัง Slab สำเร็จหรือส่วนประกอบสำเร็จรูปอื่นๆ จะต้องคำนึงถึงการยกด้วยเครนเสมอ หากส่วนประกอบเหล่านั้นถูกยกทางแนวราบ วิศวกรจะต้องคำนวณการรับน้ำหนักของตัวเอง เพื่อป้องกันการแตกหักขณะยก

2.4.2.2 Plant Cast Units

ในประเทศแถบหนาวหรือประเทศในแถบที่มีอากาศแปรปรวน การก่อสร้างมักจะประสบปัญหาความล่าช้าในการก่อสร้าง การทำส่วนประกอบสำเร็จรูปจากโรงงานจึงเป็นทางออกหนึ่ง ส่วนประกอบเหล่านั้นอาจจะหล่อกับพื้นโรงงานที่สามารถปรับอากาศก่อนที่จะยก ขนส่งไปยังที่ก่อสร้างอาคารต่อไป

การหล่อสำเร็จจากโรงงานจะช่วยลดต้นทุนในการผลิตและง่ายต่อการควบคุมคุณภาพของชิ้นส่วนต่างๆ ชิ้นส่วนเหล่านี้จะถูกส่งไปที่ก่อสร้างทางรถยนต์เป็นหลัก ซึ่งจะถูกจำกัด

ด้วยกฎหมายจราจรของแต่ละประเทศ สิ่งนี้เองที่เป็นตัวกำหนดขนาดมาตรฐานในการผลิตชิ้นส่วนต่างๆ กล่าวคือ จะต้องสามารถขนส่งในท้องถนนได้ หน่วยของ Pre-cast มักจะออกแบบเป็น Modular ในรูปทรงที่มาตรฐานสองสามแบบเพื่อมาประกอบเป็นส่วนใหญ่ต่อไปในที่ก่อสร้าง

เมื่อชิ้นส่วนสำเร็จรูปเหล่านี้ถูกส่งมาถึงที่ก่อสร้างจะถูกนำไปประกอบเป็นอาคารอย่างรวดเร็ว ทำให้ผลกระทบจากภาวะอากาศน้อยลง และชิ้นส่วนสำเร็จเหล่านี้ไม่ต้องรอการเซตตัวของคอนกรีตเหมือนแบบหล่อกับที่

ระบบคอนกรีตสำเร็จรูป สามารถแยกตามระบบการประกอบเป็น

1. ระบบโครง (Skeleton Systems)
2. ระบบแผ่น (Panel Systems)
3. ระบบกล่อง (Box Systems)
4. ระบบผสม (Mixed System)

2.4.3 **ระบบโครง** (Skeleton Systems)

เป็นระบบที่แยกส่วนประกอบของโครงสร้างเฟรมออกเป็นส่วนประกอบสำเร็จรูป เช่น เสา คาน แผ่นพื้น เป็นต้น ทำให้ง่ายต่อการขนส่ง นำมาประกอบที่สถานที่ก่อสร้าง นิยมใช้ในการก่อสร้างที่จอดรถ สะพาน โกดัง อาคารทางอุตสาหกรรม สนามกีฬา และอื่นๆ ที่เน้นโครงสร้างขนาดใหญ่

2.4.4 **ระบบแผ่น** (Panel Systems)

ระบบแผ่น เป็นแบบที่ได้รับความนิยมในอาคารสำเร็จรูปแบบเต็มรูปแบบ แผ่นสำเร็จนี้มีทั้งแผ่นพื้นสำเร็จรูปและแผ่นผนังสำเร็จรูป ซึ่งจะทำให้การติดตั้งรวดเร็วกว่าระบบโครงสำเร็จรูปอย่างมาก ทั้งนี้แผ่นสำเร็จรูปเหล่านี้จะทำหน้าที่เป็นโครงสร้างในตัวด้วย แต่ไม่ค่อยจะได้รับความนิยมเท่าไรนัก เนื่องจากไม่มีพื้นฐานในการใช้โครงสร้างผนังรับน้ำหนักเหมือนในยุโรปและอเมริกา ระบบแผ่นสำเร็จรูปนี้อาจจะออกแบบให้มีระบบร้อยสายไฟและระบบท่อในตัวด้วย และควรจะมีส่วนประกอบทางฉนวนในตัวเพื่อลดขั้นตอนในการก่อสร้างที่สถานที่ก่อสร้าง ประตูหน้าต่างอาจจะติดมาด้วยหรือไม่ก็ได้ ระบบนี้นิยมใช้ในอาคารประเภทที่พักอาศัย สำนักงาน โรงงาน โรงแรม และอื่นๆ ที่มีการถ่ายแรงเป็นระบบ ไม่ต้องการช่วงระยะโครงสร้างที่ยาวนัก

2.4.5 **ระบบกล่อง** (Box Systems)

ระบบนี้ประกอบด้วยพื้นและผนังเป็นชิ้นสำเร็จ อาจจะตกแต่งสำเร็จมาจากโรงงานเลย รวมทั้งมีท่อร้อยสาย ระบบท่อเรียบร้อย หรือเฟอร์นิเจอร์ติดตายพร้อมในกล่องสำเร็จรูปนี้ ขนาดสามมิตินี้จะต้องไม่ใหญ่เกินกว่าที่สามารถขนส่งได้ และไม่หนักเกินกว่าที่เครนจะสามารถยกได้ โดยทั่วไปมักจะมีความสูงประมาณหนึ่งชั้นเท่านั้น (2.80 - 3.00 เมตร) และกว้างประมาณ 3.50 เมตร ถึง 4.00 เมตร ในประเทศไทยที่ถนนมีรูปทรงแคบ อาคารสำเร็จรูประบบกล่องอาจจะต้องมีความกว้างน้อยลงส่วนความยาวส่วนใหญ่จะถูกจำกัดที่น้ำหนัก ส่วนใหญ่จะยาวได้มากที่สุดประมาณ 6.00-10.00 เมตร ซึ่งจะทำให้น้ำหนักมีประมาณ 300-400 kN ซึ่งเครนขนาดใหญ่สามารถที่จะยกได้ อย่างไรก็ตามพัฒนาการคอนกรีตน้ำหนักเบา (Lightweight Concrete) จะทำให้ขนาดของหน่วยสำเร็จรูปนี้ใหญ่ขึ้นได้

ระบบสำเร็จรูปนี้มักจะประสบปัญหาในการออกแบบหรือการวางผังประโยชน์ใช้สอยอาคาร เพราะช่องเปิดและการเชื่อมต่อของแต่ละส่วนจะถูกจำกัด จึงเป็นรูปแบบที่มีความยืดหยุ่นในการใช้งานต่ำที่สุด แต่ใช้คนงานในที่ก่อสร้างน้อยกว่าแบบอื่น เหมาะสำหรับที่พักอาศัยขนาดเล็กหรือแบบหลายชั้นที่ไม่ต้องการประโยชน์ใช้สอยอื่นร่วมมากนัก

2.4.6 **ระบบผสม** (Mixed System)

จากข้อดี ข้อเสียของแต่ละระบบ รวมทั้งการก่อสร้างแบบเดิมและระบบสำเร็จสามารถนำมาประกอบเป็นระบบผสมได้ อาจจะใช้ระบบโครงสำหรับบางส่วน ระบบแผ่นกับอีกส่วน หรือระบบก่อสร้างธรรมดาในอีกส่วน เพื่อให้สอดคล้องกับความต้องการทางสถาปัตยกรรมที่แตกต่าง โดยเฉพาะปัจจุบันเกิดการผสมผสานหลายๆ ประโยชน์ใช้สอยในแต่ละอาคารจะทำให้ระบบสำเร็จรูปแบบผสมนี้มีความเหมาะสมมากขึ้น แท้ที่จริงแล้วระบบนี้ถูกใช้ในการก่อสร้างของไทยอยู่แล้วเพราะมีการใช้เสา คานหรือพื้นสำเร็จรูปมาประกอบกับระบบหล่อ เป็นต้น

2.5 ส่วนประกอบของระบบสำเร็จรูป

ในหลายรูปแบบของระบบสำเร็จดังที่กล่าวมาข้างต้นสามารถแยกส่วนประกอบต่างๆ ได้ดังนี้

2.5.1 คาน และตง

คานและตงคอนกรีตสำเร็จรูปมีหลากหลายรูปแบบ ที่เป็นที่รู้จักกันดีได้แก่ คานรูปสี่เหลี่ยม รูปตัว T รูปตัว L หรือ รูปตัว I เป็นต้น ความลึกของคานและตงขึ้นอยู่กับระยะห่างของช่วงเสา น้ำหนักที่จะรองรับ ชนิดของคอนกรีตและความต้องการของสถาปนิกและงานระบบในอาคาร ระยะความลึกของคานคอนกรีตสำเร็จรูปจะอยู่ที่ประมาณ 1:10 ถึง 1:20 ของระยะพาด คานสำเร็จรูปที่มีระยะพาดมากกว่า 5-6 เมตร ควรจะใช้ระบบ Pre-stressed เข้ามาช่วย ให้ความลึกคานไม่มากเกินไป

2.5.2 เสา

อาจจะสูงมากกว่าหนึ่งชั้น และมีส่วนยื่นหรือส่วนรองรับคานในแต่ละระยะชั้น นิยมทำเป็นรูปสี่เหลี่ยมจตุรัสหรือ สี่เหลี่ยมผืนผ้า อาจจะมีรูปตัว I บ้าง ระบบเสาสำเร็จรูปจะต้องคำนึงถึงการต่อระหว่างเสากับฐานราก และเสากับคานหรือตงของอาคาร อาจจะเป็นระบบใช้น็อตหรือการฝังเหล็กไว้ในเสาเพื่อการเชื่อมติดกับส่วนประกอบอื่น การซ่อนส่วนเชื่อมต่ออาจจะมีความต้องการเพื่อความงามทางสถาปัตยกรรม การยื่นต่อเพื่อรับคานอาจจะเป็นส่วนตกแต่งให้สวยงามได้

2.5.3 พื้น

พื้นสำเร็จอาจจะวางอยู่บนผนังรับน้ำหนักหรือคานหรือเสา อาจจะทิ้งสำเร็จเลยหรือเททับด้วยคอนกรีตอีกทีก็ได้ พื้นสำเร็จมีหลายรูปแบบเช่น พื้นเรียบ พื้นรูปตัว T รูปตัว U คว่ำ เป็นต้น พื้นสำเร็จสามารถแยกออกเป็นพื้นตัน (Solid Flat-Slab) และพื้นโปร่ง (Hollow-Core)

Hollow Core เป็นพื้นคอนกรีตสำเร็จรูปที่เว้นช่องไว้ส่วนกลางทั้งความยาวของพื้น สามารถวางบนช่วงพาดที่ยาวได้ถึง 15 เมตร ซึ่งหากใช้พื้นสำเร็จธรรมดาอาจจะต้องมีความหนามากกว่านี้หรือจะต้องมีคานเสริมและมีน้ำหนักมากกว่า น้ำหนักของพื้นหากใช้ Hollow Care จะลดลงประมาณ 65% เมื่อเทียบกับพื้นตันคอนกรีต ในขณะเดียวกับช่องว่างภายในพื้นก็สามารถที่จะใช้เป็นที่เก็บท่อสายไฟและท่อของงานระบบอื่นๆได้ พื้นสำเร็จ Hollow Core มักจะมีความกว้าง

1.2 เมตร ในหลายๆประเทศมีความกว้างแตกต่างกันไป ตั้งแต่ 0.60, 0.90, 2.40 และ 2.70 เมตร และมักจะเป็น Pre-stressed Slab ความหนาของพื้นอยู่ที่ประมาณ 1:30 - 1:40 ของระยะพาด

พื้นสำเร็จจะทำให้ระยะพื้นอาคารบางลงและสามารถทิ้งเป็นผิวได้โดยไม่ต้องฉาบทับ

2.5.4 ผนัง

ผนังสำเร็จรูปมีหน้าที่เหมือนผนังอาคารทั่วไป คือ เป็นตัวกั้นเนื้อที่ เป็นฉนวนกันความร้อน กันเสียง เป็นหน้าตาของผนังภายนอกอาคาร เป็นโครงสร้างรับน้ำหนักพื้น เป็นที่ใส่หน้าต่าง ประตู สายไฟและท่อต่างๆ ดังนั้นผนังสำเร็จรูปจึงต้องใส่องค์ประกอบเหล่านั้นพร้อมจากโรงงานเลยก่อนการนำมาติดตั้ง จึงประกอบด้วย ผิวประดับภายนอก ฉนวน อาจจะมีเฟรมหน้าต่างหรือกระจกพร้อม ท่อร้อยสายไฟ หรืออื่นๆ โดยทั่วไปหากคิดเฉพาะผนังซึ่งใช้รับน้ำหนักอย่างเดียวอาจจะใช้ความหนาที่ 12 เซนติเมตร หากไม่รับน้ำหนักลดเหลือ 8 เซนติเมตรได้ ส่วนที่เพิ่มขึ้นคือ ฉนวน พื้นตกแต่งภายนอก และช่องท่อต่างๆ เป็นต้น รวมแล้วจะอยู่ระหว่าง 20-28 เซนติเมตร ขึ้นอยู่กับความหนาของชั้นฉนวน ความสูงของผนังชั้นเดียวอยู่ระหว่าง 2.70-3.50 เมตร ในขณะที่ผนังสองชั้นอยู่ที่ 5.40-7.00 เมตร ทั้งนี้ต้องไม่ลืมคำนึงถึงกฎหมายจราจรสำหรับการขนส่ง สำหรับความยาวมีตั้งแต่ 3-4 เมตร สำหรับห้องเดียวหรือ 6-7 เมตร สำหรับความยาวผนังสองห้อง น้ำหนักที่เหมาะสมในการยกขึ้นติดตั้งอยู่ที่ 4-7 ตัน แต่บางที่ก็ใช้ถึง 8-10 ตัน

2.6 การวางแผนผลิต

การผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูปสามารถทำได้ทั้งแบบ โรงงานผลิตถาวร (Permanent Plant) หรือ โรงผลิตชั่วคราว (Field Plant) โรงงานถาวรใช้สำหรับการผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูปที่มีความต้องการผลิตจำนวนมาก ส่วนใหญ่จะเป็นโรงงานเฉพาะที่รับผลิตให้อาคารต่างๆ ไม่เฉพาะเจาะจงสำหรับโครงการใด โครงการในระยะเวลาสั้นๆ เพราะจะไม่คุ้มต่อการลงทุน สำหรับโรงผลิตที่สถานที่ก่อสร้าง เป็นกระบวนผลิตที่ต้องการชิ้นส่วนสำเร็จรูปเหมือนกับที่ผลิตในโรงงานถาวร แต่มีความต้องการในผลผลิตที่น้อยกว่า มักจะผลิตโดยผู้รับเหมาที่รับผิดชอบก่อสร้างอาคารนั้นๆ นั่นเอง เหมาะสำหรับที่ก่อสร้างที่ไม่มีความแปรปรวนของอากาศมากนัก

การวางแผนผลิตระบบสำเร็จรูปจะต้องเหมาะสมกับการทำงาน สอดคล้องกับกระบวนการผลิต มีการขนถ่ายระหว่างขั้นตอนที่ดี

ประการแรกจะต้องมีพื้นที่ในการผลิตที่มากพอสำหรับกิจกรรมต่างๆ ต้องมีที่เหลือสำหรับการจัดเก็บวัสดุและชิ้นส่วนที่ผลิตเสร็จ การจัดเก็บจะต้องง่ายต่อการเข้าถึง สะดวกต่อการขนส่งต่อไปยังที่ก่อสร้าง พื้นที่สำหรับช่องทางเดินคนทำงานต้องว่างประมาณ 1 เมตร ในขณะที่ช่องทางเดินรถเข้ามาขนส่งประมาณ 2.5 เมตร การขนอุปกรณ์ผลิตเข้าออกจะต้องสะดวก โดยสรุปการประสานงานระหว่างการผลิตมีดังนี้

- การไหลลื่นของวัสดุ ระหว่างพื้นที่ทำงาน กับพื้นที่เก็บของ
- การไหลลื่นของคน ทั้งคนทำงาน ผู้ควบคุม ช่างเทคนิคและผู้เยี่ยมชม
- การไหลลื่นของข้อมูล ประกอบด้วยการสั่ง การควบคุม การประสานงาน และการส่งต่อของระบบเอกสารต่างๆ
- การใช้อุปกรณ์ร่วมกันของหน่วยการผลิตที่ต่างกัน
- การบำรุงรักษาอุปกรณ์ที่ใช้แต่ละที่

ส่วนประกอบของกระบวนการผลิตแยกออกเป็นฝ่ายดังนี้

1. ฝ่าย Production มีหน้าที่รับผิดชอบการผลิต รวมไปถึงการขนส่งไปยังที่ก่อสร้าง
2. ฝ่าย Engineering รับผิดชอบด้านเทคนิคต่างๆของผลผลิต ผลิตรูปแบบรายละเอียดของแต่ละชิ้นส่วน
3. ฝ่าย Administration/Finances รับผิดชอบทางการเงิน การควบคุมราคาและจ่ายค่าจ้าง

แต่ในทางปฏิบัติแล้ว กระบวนการผลิตส่วนประกอบสำเร็จรูปย่อมขึ้นอยู่กับชนิดประเภทและรูปแบบของส่วนที่จะผลิต การจัดการกระบวนการผลิตจึงต้องปรับเปลี่ยนให้เหมาะสม แต่กระบวนการหลักๆ ประกอบด้วยที่ผสมคอนกรีต ที่ขึ้นรูป ที่เก็บชิ้นส่วนที่เสร็จ การขนส่งไปยังสถานที่ก่อสร้าง นอกจากนี้ยังต้องมีที่ทำส่วนประกอบย่อยอื่นๆ เช่น เฟรมประตู ฉนวน ท่อต่างๆ และชิ้นส่วนในการติดตั้ง เป็นต้น

2.7 **ความรู้เกี่ยวกับคอนกรีต** (Concrete Technology)

คอนกรีต คือ วัสดุก่อสร้างชนิดหนึ่งที่ใช้กันอย่างแพร่หลายตั้งแต่อดีตจวบจนปัจจุบัน เพราะเป็นวัสดุที่มีความเหมาะสมทั้งด้านราคาและคุณสมบัติต่างๆคอนกรีตประกอบด้วยส่วนผสม 2 ส่วน คือ วัสดุประสาน อันได้แก่ ปูนซีเมนต์กับน้ำ และน้ำยาผสมคอนกรีต ผสมกับวัสดุผสมอันได้แก่ ทราย หินหรือกรวด เมื่อนำมาผสมกันจะคงสภาพเหลวอยู่ช่วงเวลาหนึ่ง พอที่จะ

นำไปเทลงในแบบหล่อที่มีรูปร่างตามต้องการ หลังจากนั้นจะแปรสภาพเป็นของแข็ง มีความแข็งแรงและสามารถรับน้ำหนักได้มากขึ้นตามอายุของคอนกรีตที่เพิ่มขึ้น

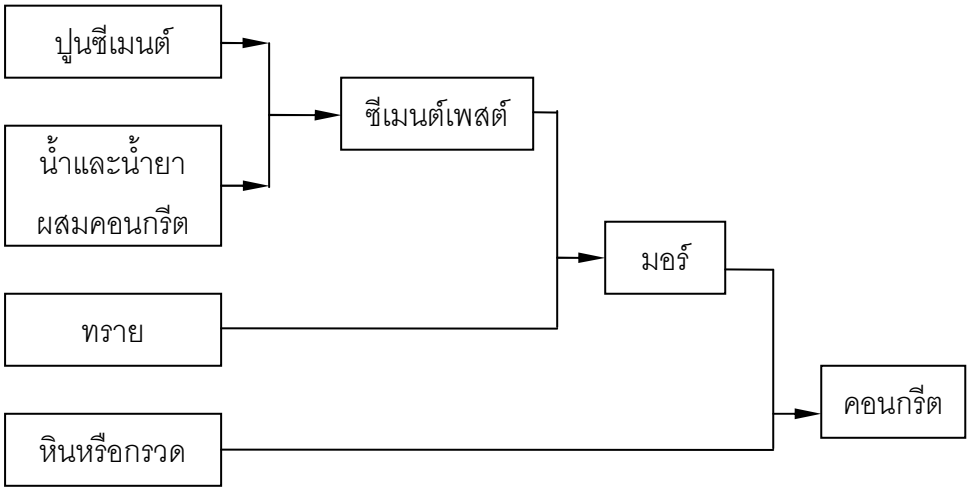
2.7.1 **องค์ประกอบของคอนกรีต**

คอนกรีตประกอบด้วยปูนซีเมนต์ หิน ทราย น้ำ และน้ำยาผสมคอนกรีต โดยเมื่อนำส่วนผสมต่างๆเหล่านี้มาผสมกันจะมีชื่อเรียกเฉพาะดังนี้

ปูนซีเมนต์ผสมกับน้ำและน้ำยาผสมคอนกรีต เรียกว่าซีเมนต์เพสต์ (Cement Paste)

ซีเมนต์เพสต์ ผสมกับ ทราย เรียกว่า มอร์ต้า (Mortar)

มอร์ต้า ผสมกับ หินหรือกรวด เรียกว่าคอนกรีต (Concrete) ซึ่งสามารถนำมาเขียนเป็นแผนภูมิได้ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 การเรียกชื่อองค์ประกอบต่างๆของคอนกรีต

2.7.2 **หน้าที่และคุณสมบัติของส่วนผสม**

1. ซีเมนต์เพสต์

หน้าที่ของซีเมนต์เพสต์มีดังนี้

- เสริมช่องว่างระหว่างมวลรวม
- หล่อลื่นคอนกรีตสดขณะเทหล่อ

- ให้กำลังแก่คอนกรีตเมื่อคอนกรีตแข็งตัว รวมทั้งป้องกันการซึมผ่านของน้ำ

คุณสมบัติของซีเมนต์เพสต์ขึ้นอยู่กับ

- คุณภาพของปูนซีเมนต์
- อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์
- ความสมบูรณ์ของปฏิกิริยาระหว่างน้ำกับปูนซีเมนต์หรือที่ เรียกว่า ปฏิกิริยาไฮเดรชั่น

2. มวลรวม

หน้าที่ของมวลรวมมีดังนี้

- เป็นตัวแทรกประสานราคาถูกที่กระจายอยู่ทั่วซีเมนต์เพสต์
- ช่วยให้คอนกรีตมีความคงทน ปริมาตรไม่เปลี่ยนแปลงมาก

คุณสมบัติของมวลรวมที่สำคัญ

- มีความแข็งแรง
- การเปลี่ยนแปลงปริมาตรต่ำ
- คงทนต่อปฏิกิริยาเคมี
- ความต้านทานต่อแรงกระแทก และการขัดสี

3. น้ำ

หน้าที่หลักของน้ำสำหรับงานคอนกรีตมี 3 ประการ คือ

- ใช้ล้างวัสดุมวลรวมต่างๆ
- ใช้ผสมทำคอนกรีต
- ใช้บ่มคอนกรีต

หน้าที่หลักของน้ำในฐานะที่ใช้ผสมทำคอนกรีตยังแบ่งได้อีก 3 ประการ

- ก่อให้เกิดปฏิกิริยาไฮเดรชั่นกับปูนซีเมนต์
- ทำหน้าที่หล่อลื่นเพื่อให้คอนกรีตอยู่ในสภาพเหลวสามารถเทได้
- เคลือบ หิน ทราย ให้เปียกเพื่อให้ซีเมนต์เพสต์จะสามารถเข้าเกาะได้โดยรอบ

4. น้ำยาผสมคอนกรีต

หน้าที่สำคัญของน้ำยาผสมคอนกรีต คือ ช่วยปรับปรุงคุณสมบัติทั้งคอนกรีตที่เหลว และคอนกรีตที่แข็งตัวแล้วในด้านต่างๆ เช่น เวลาการก่อตัว, ความสามารถเทได้, กำลังอัด, ความทนทาน เป็นต้น

2.7.3 ข้อดีข้อเสียของคอนกรีต

คอนกรีตเป็นวัสดุก่อสร้างที่นิยมใช้กันมากตั้งแต่อดีตแต่การนำคอนกรีตไปใช้งานก็ต้องคำนึงถึงข้อจำกัดบางประการด้วย ดังในตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 ข้อได้เปรียบและเสียเปรียบของคอนกรีต

ข้อได้เปรียบ	ข้อเสียเปรียบ
1) สามารถหล่อขึ้นรูปร่างตามที่ต้องการได้ 2) ราคาถูก 3) มีความทนทานสูง 4) ทนไฟได้ดี, ไม่ไหม้ไฟ 5) สามารถเทหล่อได้ในสภาพที่ก่อสร้าง 6) สามารถทำให้ผิวสวยงามได้	1) ความสามารถรับแรงดึงต่ำ 2) มีความยืดตัวต่ำ 3) มีการเปลี่ยนแปลงปริมาตร 4) อัตรากำลังต่อน้ำหนักต่ำ

2.7.4 คอนกรีตที่ดีกับคอนกรีตที่ไม่ดี

คอนกรีตที่ดี เป็นคอนกรีตที่ต้องมีคุณสมบัติเป็นที่พอใจทั้งในสภาพคอนกรีตเหลว กล่าวคือ ตั้งแต่การผสม การลำเลียงจากเครื่องผสม การเทลงแบบหล่อ และการอัดแน่น และเป็นที่พอใจในสภาพคอนกรีตที่แข็งตัวแล้ว

คอนกรีตที่ไม่ดี โดยทั่วไปจะมีความข้นเหลวไม่เหมาะสมกับการใช้งาน เมื่อแข็งตัวจะมีรูโพรงและไม่เป็นเนื้อเดียวกันทั้งโครงสร้าง

คุณสมบัติของคอนกรีตสดที่ต้องการ คือ จะต้องมีความข้นเหลวที่จะให้การอัดแน่นในแบบหล่อคอนกรีตตามวิธีการที่ต้องการเป็นไปโดยไม่ต้องใช้ความพยายามอย่างมาก รวมทั้งส่วนผสมจะต้องมีการยึดเกาะกันอย่างเพียงพอสำหรับวิธีการเทคอนกรีตที่จะใช้โดยไม่มีการแยกตัว อันจะเป็นต้นเหตุให้เกิดการไม่สม่ำเสมอในเนื้อคอนกรีต

คุณสมบัติที่ต้องการสำหรับคอนกรีตที่แข็งตัวแล้ว คือต้องได้กำลังอัดตามข้อกำหนด นอกจากนี้ยังต้องมีคุณสมบัติอื่นๆอีก เช่น ความหนาแน่น ความทนทาน ความสามารถรับแรงดึง ความต้านทานการซึมผ่านของน้ำหรือของเหลว ความต้านทานต่อแรงกระแทกและการเสียดสี การทนต่อการกัดกร่อนจากซัลเฟตและอื่นๆ

2.7.5 **ปัจจัยในการทำคอนกรีตที่ดี**

การทำคอนกรีตต้องมีกระบวนการผลิตที่เป็นขั้นตอนเพื่อให้ได้คอนกรีตที่มีคุณสมบัติสม่ำเสมอทั้งทางด้านความสามารถเทได้ (Workability) กำลัง (Strength) ความต้านทานการซึมผ่านของน้ำ (Permeability) และความทนทาน (Durability)

กระบวนการทำคอนกรีตทั่วๆไปอาจเรียงลำดับขั้นตอนได้ดังนี้

1) การเลือกหาวัตถุดิบที่เหมาะสม

2) การกำหนดอัตราส่วนผสม

3) การชั่งหรือตวงวัตถุดิบเพื่อให้ได้อัตราส่วนผสมที่ถูกต้อง

4) การผสม

5) การลำเลียงคอนกรีตสดไปเทลงแบบ

6) การเท

7) การทำให้คอนกรีตอัดแน่น

8) การแต่งผิว

9) การบ่ม

10) การเกาะแบบหล่อคอนกรีตตามระยะเวลาที่ถูกต้อง

2.7.6 **การยึดเกาะและการแยกตัว**

ส่วนผสมของคอนกรีตที่ดีจะต้องมีความสามารถเทได้ ไม่มีการแยกตัวขององค์ประกอบ (Segregation) หรือคอนกรีตควรมีความสม่ำเสมอมีเนื้อเดียวกันตลอดทุกส่วนนั่นคือคอนกรีตมีการยึดเกาะ (Cohesion) ที่ดีนั่นเอง

รูปแบบของการแยกตัวของคอนกรีต

1) มวลรวมหยาบแยกตัวออกจากส่วนผสม เนื่องจากการเคลื่อนที่ของคอนกรีตผ่านทางชันหรือมวลรวมหยาบจมตัวลงมากกว่ามวลรวมละเอียด

2) น้ำปูนแยกตัวออกจากส่วนผสมเนื่องจากส่วนผสมเหลวมากเกินไป

สาเหตุของการแยกตัวของคอนกรีต

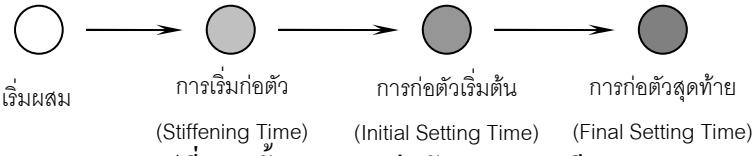
1) ใช้หิน ทราย ที่มีความถ่วงจำเพาะแตกต่างกันมาก

2) ใช้สัดส่วนผสมคอนกรีตที่ไม่เหมาะสม เช่น เหลวหรือแข็งมากเกินไป

3) การขนย้าย การเทลงแบบ และการจี้เขย่าไม่ถูกวิธี
   - ลำเลียงคอนกรีตที่เหลวมากไปเป็นระยะทางไกล
   - เทคอนกรีตไหลผ่านรางที่เปลี่ยนทิศทาง
   - ปล่อยคอนกรีตผ่านสิ่งกีดขวาง
   - จี้เขย่าคอนกรีตนานเกินไป
   - จี้เขย่าให้คอนกรีตไหลไปตามแบบหรือให้คอนกรีตแผ่เป็นพื้นที่กว้าง

2.7.7 **เวลาการก่อตัว** (Setting Time)

เวลาการก่อตัวมีความสำคัญมากต่อการทำงานคอนกรีตโดยเฉพาะในส่วนที่เกี่ยวข้องกับเวลาการเทคอนกรีต การก่อตัวจะมี 3 ขั้นตอน ดังในรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 ขั้นตอนการก่อตัวของคอนกรีต

1) การเริ่มก่อตัว (Stiffening Time) คือเวลาที่คอนกรีตเหลวรับแรงเสียดทานจากเครื่องทดสอบได้ 5 กก./ตร.ซม. หรือ 70 ปอนด์/ตารางนิ้ว ณ เวลานี้คอนกรีตเริ่มแข็งกระด้าง

2) การก่อตัวเริ่มต้น (Initial Setting Time) คือเวลาที่คอนกรีตเหลวรับแรงเสียดทานได้ 35 กก./ตร.ซม. หรือ 500 ปอนด์/ตารางนิ้ว ณ เวลานี้คอนกรีตจะแข็งตัวแล้ว ถ้าเทคอนกรีตสดทับลงไปอีกจะก่อให้เกิด Cold Joint

3) การก่อตัวสุดท้าย (Final Setting Time) คือเวลาที่คอนกรีตแข็งตัวสมบูรณ์ โดยสามารถรับแรงเสียดทานได้ 276 กก./ตร.ซม. หรือ 4,000 ปอนด์/ตารางนิ้ว

การทำงานเทคอนกรีตจะต้องให้เสร็จสิ้นก่อนเวลาการเริ่มก่อตัว ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาด้านน้ำยาผสมคอนกรีตประเภทยืดเวลาการก่อตัว ซึ่งยืดเวลาการก่อตัวได้ตั้งแต่ 2-8 ชั่วโมง

2.7.8 คุณสมบัติของคอนกรีตสดที่ดี

คอนกรีตสด คือคอนกรีตที่ยังมีความเหลวเหมาะที่จะนำไปใช้งาน จะต้องมีคุณสมบัติที่สำคัญที่ถือว่าเป็นคอนกรีตที่ดีดังนี้

- ผสมได้เพียงพอจนมีเนื้อสม่ำเสมอเหมือนกันทั้งโม่
- มีความสามารถเทได้
- ไม่เกิดการแยกตัวระหว่างการลำเลียง หรือขณะเทคอนกรีต
- ไม่เกิดการเยิ้มมากเกินไป จนทำให้การแต่งผิวหน้าไม่สะดวก และมีผลกระทบต่อคุณภาพของคอนกรีตเมื่อแข็งตัวแล้ว
- มีเวลาในการก่อตัวนานพอที่สามารถทำงานได้

- มีอุณหภูมิพอเหมาะไม่สูงเกินไป จนมีผลกระทบต่อความสามารถเทได้ และเวลาในการก่อตัว
- ควรมีปริมาณฟองอากาศพอเหมาะ ซึ่งมีผลต่อความสามารถเทได้
- สำหรับคอนกรีตที่ใช้เทด้วยปั๊มควรมีคุณสมบัติที่สำคัญ คือต้องไม่แยกตัวเมื่อถูกแรงอัดจากปั๊ม และไหลในท่อได้สะดวก
- สำหรับคอนกรีตที่ใช้เทฐานรากขนาดใหญ่ การมีคุณสมบัติที่สำคัญ คือมีค่ายุบตัวสูง Slump Loss ช้า และใช้ปริมาณปูนซีเมนต์ต่ำ เพื่อหลีกเลี่ยงความร้อนจากปฏิกิริยาไฮเดรชั่น

2.7.9 **ความสามารถเทได้** (Workability)

คำจำกัดความของความสามารถเทได้ก็คือ “ผลรวมของพลังงานหรือกำลังงานที่จะเอาชนะแรงเสียดทานในระหว่างอนุภาคของส่วนผสมในเนื้อคอนกรีตสด” อันจะก่อให้เกิดการอัดแน่นของคอนกรีตอย่างสมบูรณ์

ความสามารถเทได้ของคอนกรีตสดที่เหมาะสมในการใช้งาน นอกจากการคำนึงถึงความง่ายในการทำงานและการไม่แยกตัวของเนื้อคอนกรีตแล้ว ยังต้องพิจารณาถึงชนิดของโครงสร้าง วิธีการเทและวิธีการจี้เขย่าด้วย เพื่อให้เนื้อคอนกรีตได้รับการอัดแน่นมากที่สุด เช่น คอนกรีตที่เหมาะสมกับงานฐานรากขนาดใหญ่ที่มีค่ายุบตัวสูง อาจไม่เหลวเพียงพอที่จะเทในงานที่มีเหล็กเสริมหนาแน่นมากหรือโครงสร้างบางๆได้ เป็นต้น เพราะว่ากำลังอัดของคอนกรีตจะผันแปรหรือได้รับผลกระทบโดยตรงจากช่องว่างที่ปรากฏอยู่ภายในเนื้อคอนกรีตที่อัดแน่น ดังนั้นควรทำให้เนื้อคอนกรีตมีความหนาแน่นมากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ นั่นคือจำเป็นที่จะต้องทำให้คอนกรีตสดมีความสามารถเทได้เพียงพอ เพื่อให้คอนกรีตมีความสามารถอัดแน่นได้ดี โดยใช้พลังงานที่เหมาะสมภายใต้สภาพที่กำหนด

ตารางที่ 2.5 ปัจจัยที่มีผลต่อความสามารถเทได้

ปัจจัยที่มีผลต่อความสามารถเทได้	**ผลกระทบ**
1. ชนิดและคุณสมบัติของวัสดุผสมคอนกรีต	**ปูนซีเมนต์** ● ถ้าต้องการให้ความสามารถเทได้เท่ากันปูนซีเมนต์ที่มีความละเอียดมากกว่าจะต้องการน้ำปริมาณมากกว่า

	มวลรวม • หินทรายที่มีขนาดคละดี จะทำให้คอนกรีตมีความสามารถเทได้ดี • หินที่กลมผิวเกลี้ยง จะทำให้คอนกรีตมีความลื่นไหลที่ดีกว่าหินที่ยาวหรือแบนและผิวขรุขระ • ความพรุนของมวลรวม จะทำให้การดูดซึมน้ำสูงและลดความสามารถในการเทลง • ถ้าต้องการให้ความสามารถเทได้เท่ากัน มวลรวมที่ละเอียดต้องใช้น้ำในส่วนผสมมากกว่ามวลรวมที่หยาบ **สารผสมเพิ่ม** • สารผสมเพิ่มชนิดผงละเอียดบางชนิด เช่น เถ้าลอยที่มีคุณภาพดี เป็นต้น จะช่วยเพิ่มความลื่นไหลให้กับคอนกรีต • สารกระจายกักฟองอากาศ (Air Entraining Agent) จะทำให้คอนกรีตมีการลื่นไหลดีขึ้น แต่กำลังอัดอาจลดลง • สารลดน้ำจะช่วยเพิ่มการลื่นไหล
2. ส่วนผสมคอนกรีต	**ปริมาณน้ำผสมคอนกรีต** • ปริมาณน้ำผสมคอนกรีตเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลกระทบต่อความสามารถเทได้ของคอนกรีตสด โดยการเพิ่มปริมาณน้ำจะทำให้เกิดการหล่อลื่นในระหว่างอนุภาคมากขึ้น • ปริมาณน้ำที่เพิ่มขึ้นจะทำให้เกิดช่องว่างเมื่อคอนกรีตแข็งตัวแล้วมากขึ้น ดังนั้นควรใช้ปริมาณน้ำที่เหมาะสม • ปริมาณน้ำที่พอเหมาะกับช่องว่างระหว่างมวลรวมจึงมีผลต่อการหล่อลื่น **อัตราส่วนมวลรวมต่อปูนซีเมนต์** (A/C) • ภายใต้ส่วนผสมคอนกรีตที่มีอัตราส่วนน้ำต่อ

	ปูนซีเมนต์คงที่ ความสามารถเทได้จะเพิ่มขึ้นถ้าอัตราส่วนมวลรวมต่อปูนซีเมนต์ลดลง **อัตราส่วนทรายต่อมวลรวมทั้งหมด** (S/A) ● ส่วนผสมคอนกรีตที่มีอัตราส่วนทรายต่อมวลรวมทั้งหมดต่ำ สามารถก่อให้เกิดการแยกตัวได้ รวมทั้งความสามารถเทได้จะต่ำลงด้วย ● ถ้าใช้ทรายในส่วนผสมมากขึ้น อาจทำงานง่ายขึ้น แต่จะสิ้นเปลืองปริมาณปูนซีเมนต์มากขึ้นด้วย ถ้าจะยังคงกำลังอัดเท่าเดิม
3. เวลา หรืออายุของคอนกรีตสด	● เมื่อเวลาผ่านไป คอนกรีตสดจะเริ่มก่อตัวและแข็งตัวในที่สุด ที่เป็นเช่นนี้เพราะน้ำผสมคอนกรีตบางส่วนถูกใช้ไปในปฏิกิริยาไฮเดรชั่น บางส่วนถูกดูดซับไว้โดยมวลรวม และบางส่วนระเหยไป ● การเริ่มก่อตัวของคอนกรีตสามารถวัดได้โดยการวัดความสามารถเทได้ที่สูญเสียไปกับเวลาที่ผ่านไป โดยการวัดค่าการสูญเสียค่ายุบตัว หรือ “Slump Loss”
4. อุณหภูมิอากาศ, อุณหภูมิคอนกรีตสด, ความเร็วลม และความชื้นสัมพัทธ์	● ถ้าอากาศร้อน ลมแรง และมีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ คอนกรีตสดจะมีอุณหภูมิสูง และมีอัตราการระเหยของน้ำสู่ภายนอกเร็วขึ้น ทำให้คอนกรีตสูญเสียความสามารถเทได้เร็วขึ้น
5. ระยะเวลาผสมคอนกรีต, ลำดับการผสม, ชนิดและประสิทธิภาพของเครื่องผสม	● ถ้าระยะเวลาผสมคอนกรีตน้อยเกินไป จะทำให้คอนกรีตสดมีเนื้อไม่สม่ำเสมอ มีความสามารถเทได้ไม่ดี และเกิดการแยกตัวได้ง่าย เมื่อคอนกรีตแข็งตัวแล้วอาจมีผิวหน้าไม่เรียบและมีโพรงอากาศมาก ● ถ้าระยะเวลาผสมคอนกรีตนานเกินไป จะทำให้คอนกรีตสดมีความสามารถเทได้ลดลง เนื่องจากเกิดการสูญเสียน้ำเช่นเดียวกับเหตุผลเรื่องเวลาหรืออายุของคอนกรีตสด

	• ลำดับการผสม และชนิดและประสิทธิภาพของเครื่องผสมที่แตกต่างกัน มักทำให้คอนกรีตสดมีความสามารถเทได้ที่แตกต่างกันด้วย

บทที่ 3
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.1 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Irem Dikmen, M. Talat Birgonul, Semiha Kiziltas (2004) ในงานวิจัยนี้เป็นการประยุกต์เทคนิค QFD เพื่อหากลยุทธ์ในการตัดสินใจหลังจากโครงการก่อสร้างบ้านได้ก่อสร้างไปแล้ว และเพื่อหากลยุทธ์ทางการตลาดที่ดีที่สุดโดยการเปรียบเทียบระหว่างการดำเนินงานของคู่แข่งที่ต่างกัน และการส่งผ่านประสบการณ์การทำงานของโครงการเดิมไปสู่โครงการใหม่ต่อไป สำหรับวัตถุประสงค์นี้ทีมวิจัย QFD ได้รวบรวมประวัติของกลุ่มลูกค้าเป้าหมายโครงการตัวอย่างซึ่งเป็นตึกสูงที่ตั้งอยู่ในเมืองอัลคารา ประเทศตุรกี กรณีศึกษานี้วิธีการของ QFD ประสบความสำเร็จในการประยุกต์กับการสร้างบ้านเป็นอย่างดี สามารถอธิบายถึงการตัดสินใจทางการตลาดขององค์ประกอบของตัวอาคาร จากการศึกษางานวิจัยต่างๆและกรณีศึกษาพบว่าวิธีการของ QFD จะไม่มีข้อจำกัดและสามารถใช้ได้กับทุกๆหน่วยงาน ซึ่งงานวิจัยนี้ก็ประสบความสำเร็จตามจุดประสงค์ของการปรับปรุงการดำเนินงานในโครงการก่อสร้างโดยใช้วิธีการของ QFD เป็นอย่างดี

สายรุ้ง อินทร์เลิศ (2542) เป็นการพัฒนาโครงสร้างระบบประกันคุณภาพขึ้นในโรงพิมพ์ประเภทการผลิตหนังสือโดยใช้โรงพิมพ์ตัวอย่างโรงหนึ่งเป็นกรณีศึกษา วัตถุประสงค์หลักของระบบประกันคุณภาพนี้ คือ 1.สามารถสร้างความพึงพอใจให้กับลูกค้าหรือเจ้าของงาน 2. ความผิดพลาดในการทำงานลดลง 3.ต้นทุนการผลิตลดลง โดยเทคนิคที่นำมาใช้ในงานวิจัยคือเทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ (Quality Function Deployment: QFD) โดยเลือกใช้เทคนิค QFD ในรูปแบบ 4 ช่วง (Four-Phase) ได้แก่ ช่วงที่ 1 การวางแผนผลิตภัณฑ์ (Product Planning) ช่วงที่ 2 การออกแบบผลิตภัณฑ์ (Product Design) ช่วงที่ 3 การวางแผนกระบวนการ (Process Planning) ช่วงที่ 4 การวางแผนควบคุมกระบวนการ (Process Control Planning) ซึ่งในที่นี้นำเสนอในรูปแบบของการวางแผนการควบคุมระบบประกันคุณภาพ ผลการวิจัยทำให้ได้โครงสร้างระบบประกันคุณภาพที่ประกอบไปด้วย 5 ระบบย่อย ได้แก่ (1) ระบบการวางแผนและจัดการ (2) ระบบการตรวจสอบและควบคุมคุณภาพ (3) ระบบการบำรุงรักษา (4) ระบบการบริการลูกค้า และ (5) ระบบการตรวจติดตาม ซึ่งมีส่วนประกอบภายในทั้ง 5 ระบบย่อยรวมกันทั้งสิ้น 18 ส่วน ผลการประเมินมีความเห็นโดยรวมว่าโครงสร้างระบบประกันคุณภาพที่พัฒนาขึ้นมีประโยชน์และมีศักยภาพในการสร้างความพึงพอใจให้แก่ลูกค้าได้

เดย์ ยิ่งชล (2543) เป็นงานวิจัยเพื่อปรับปรุงคุณภาพของงานบริการของฝ่ายขาย บริษัทกรณีศึกษาให้สนองต่อความต้องการและความพึงพอใจของลูกค้าทั้งภายในและภายนอก เทคนิคที่ใช้ในงานวิจัยได้แก่เทคนิค QFD หรือเทคนิคการแปรหน้าที่คุณภาพ (Quality Function Deployment) โดยเทคนิคนี้แบ่งออกเป็น 4 ช่วงได้แก่ (1) การวางแผนผลิตภัณฑ์หรือบ้านแห่งคุณภาพ (Product Planning or House of Quality) เป็นขั้นตอนในการเก็บข้อมูลความต้องการของลูกค้าที่เป็นคำพูดแปรออกมาเป็นข้อกำหนดทางเทคนิคที่ใช้กันในบริษัท (2) การออกแบบผลิตภัณฑ์ (Product Design) เป็นขั้นตอนที่แปรจากข้อกำหนดทางเทคนิค ออกมาให้เป็นคุณสมบัติต่างๆที่ต้องการ (3) การวางแผนกระบวนการ (Process Planning) เป็นการวิเคราะห์และวางแผนเลือกกระบวนการที่จะใช้ปรับปรุง โดยพิจารณาว่ากระบวนการดังกล่าวต้องสามารถตอบสนองคุณสมบัติได้ (4) การวางแผนขั้นตอนการผลิตและควบคุมกระบวนการ (Production Operations Planning and Process Control) เป็นการนำเอากระบวนการในช่วงที่ 3 ไปกำหนดวิธีการควบคุม วิธีการตรวจสอบ ผู้รับผิดชอบในการดำเนินงาน ผลลัพธ์ที่ได้ประกอบด้วย 4 กระบวนการหลักคือ (1) การบริการอย่างเป็นมิตรกับลูกค้า (Customer Friendly Service) (2) การควบคุมข้อมูลลูกค้า (Customer Database Control) (3) การวิเคราะห์คุณภาพงานบริการ (SQS) และการตรวจติดตามคุณภาพงานบริการ (SQA) (4) การบริการสนับสนุนบุคลากร (Employee Support Service) จากการปรับปรุงดังกล่าวสามารถทำให้ติดต่อกับลูกค้าได้เร็วขึ้น ได้รับข่าวสารข้อมูลจากลูกค้าละเอียดมากขึ้น ลดเวลาในการรอการบริการลง สร้างภาพลักษณ์ใหม่ในงานบริการ มีระบบการพัฒนางานบริการอย่างต่อเนื่อง มีการทำงานที่เป็นมาตรฐานและตรวจสอบได้ ตลอดจนสร้างบรรยากาศที่ดีระหว่างลูกค้าและพนักงานขาย

อมรรัตน์ ปินตา และ อรรถกร เก่งพล (2546) เป็นการปรับปรุงสินค้าของโรงงานผลิตของเล่นไม้เพื่อการศึกษา โดยใช้เทคนิคการแปลงหน้าที่ทางคุณภาพ (QFD) ในการวิจัยได้แปลงความต้องการของลูกค้าเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์บ้านน้อย 2 ชั้น ซึ่งเป็นของเล่นไม้เพื่อการศึกษาสำหรับเด็กอายุ 3-6 ปี เข้าสู่ช่วงต่างๆของ 4 เฟส และผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการพัฒนาใหม่ที่ได้นี้ได้มีการเปลี่ยนแปลงทางด้านขนาด รูปร่าง สีสัน รูปแบบ และความเหมือนบ้านจริงมากขึ้น และผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความพึงพอใจของลูกค้าเพิ่มขึ้น ผลจากการวิจัย นอกจากจะสามารถช่วยปรับปรุงผลิตภัณฑ์ และการออกแบบผลิตภัณฑ์ให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นยังสามารถช่วยลดความซับซ้อนในการปฏิบัติงานลงได้อีกด้วย

วทัญญู สันตินิยม (2549) ผู้วิจัยได้ทดลองประยุกต์ใช้หลักการ QFD กับกรณีศึกษาเพื่อแก้ปัญหาของธุรกิจรับสร้างบ้านพักอาศัยที่มีการแข่งขันสูง ผู้ประกอบการหลายรายพบว่าลูกค้าไม่พอใจกับแบบที่ออกให้และไปติดต่อกับผู้ประกอบการรายอื่น บางครั้งยังพบว่า แบบที่ออกมายากต่อการก่อสร้างและสิ้นเปลืองทรัพยากรอย่างมาก โดยการนำ QFD แบบ 4 ช่วงมาใช้ พบว่า การปรับปรุงรูปแบบการนำเสนอ, การสร้างข้อตกลงในการออกแบบ และการตรวจติดตามหลังส่งมอบเป็นงานที่มีความสำคัญในลำดับต้นๆของการปรับปรุง จากการประเมินผลแนวทางการดำเนินงานที่ปรับปรุงใหม่ด้วยการสอบถามความคิดเห็นของลูกค้าพบว่าความพึงพอใจเฉลี่ยเพิ่มขึ้น และปัญหาการใช้ทรัพยากรที่สิ้นเปลืองก็มีการออกแบบที่เป็นขนาดมาตรฐานและได้รับการตอบรับจากทีมงานก่อสร้างที่ดี

ทิพากร วงษ์นาม (2548) โดยงานวิจัยได้ทำการศึกษากระบวนการผลิตและของเสียที่เกิดขึ้นใน 3 ส่วน คือ แผนกขึ้นรูป แผนก QC และแผนกตรวจสอบ 100 % หลังจากนั้นจึงระดมสมองเพื่อค้นหาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อข้อบกพร่องโดยใช้แผนภาพก้างปลา และใช้เทคนิคการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบสำหรับกระบวนการผลิต (PFMEA) และให้ทีมผู้เชี่ยวชาญแต่ละแผนกที่เกี่ยวข้องมาวิเคราะห์เพื่อประเมินค่าความรุนแรง ค่าโอกาสในการเกิดข้อบกพร่อง และค่าความสามารถในการตรวจจับข้อบกพร่อง เพื่อนำไปคำนวณค่าคะแนนความเสี่ยง (RPN) และได้ดำเนินการแก้ไขข้อบกพร่องที่มีค่า RPN ตั้งแต่ 100 คะแนนขึ้นไป โดยประโยชน์ที่ได้จากงานวิจัยนี้คือ สามารถลดปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตได้ตามเป้าหมายที่กำหนด และสามารถใช้งานวิจัยนี้เป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้เทคนิค FMEA ในการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ๆได้ตามที่ลูกค้าต้องการ

ธนะศักดิ์ ทุเรียน (2543) ได้ศึกษาและพัฒนาระบบควบคุมคุณภาพโดยใช้โรงงานผลิตชิ้นส่วนยางเป็นกรณีศึกษา โดยวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อพัฒนาระบบการควบคุมคุณภาพ เพื่อนำไปสู่การประกันว่าชิ้นงานหรือผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปที่ผ่านการผลิตในแต่ละขั้นตอนจนถึงลูกค้า จะมีคุณภาพที่ดีขึ้น โดยงานวิจัยนี้มีขั้นตอนในการดำเนินการงานวิจัยดังนี้ 1.การจัดตั้งระบบควบคุมคุณภาพ 2.วิเคราะห์ผล 3.การดำเนินการแก้ไขและป้องกันด้วยเครื่องมือทางด้าน QC ได้แก่ QC 7 Tools, การวิเคราะห์ความล้มเหลวและผลกระทบ (Failure Mode and Effective Analysis: FMEA) 4.การประเมินผลหลังการแก้ไขปรับปรุง 5.การจัดทำมาตรฐานการปฏิบัติงาน ผลการวิจัยพบว่าสามารถลดเปอร์เซ็นต์ของเสียในระหว่างกระบวนการผลิตและคำร้องเรียนจากลูกค้าที่เกิดขึ้นเนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดซึ่งสูงมาก

กิตติศักดิ์ อนุรักษสกุล (2545) เป็นการวิเคราะห์และลดของเสียในกระบวนการขึ้นรูปชิ้นส่วนโครงร่างยานยนต์โดยใช้เทคนิค FMEA จากการศึกษาระบบการผลิตตลอดจนของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการโดยการรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล พบว่าของเสียส่วนใหญ่เกิดจากกระบวนการ Draw Trim/Pierce และ Separate โดยของเสียที่เกิดขึ้น ได้แก่ ชิ้นงานย่น, เสียรูป, แตก, บุบ/ตุงและมีครีบคม วัตถุประสงค์ของงานวิจัยจึงมุ่งทำการวิเคราะห์และลดของเสียโดยใช้เทคนิค FMEA ซึ่งสามารถมองของเสียได้หลายมิติ เช่น ระดับความรุนแรงของของเสีย ผลกระทบที่เกิดขึ้น ความถี่หรือโอกาสในการเกิดและความสามารถในการตรวจจับของเสียดังกล่าว

นิพนธ์ ชวนะปราณี (2543) วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อกำหนดและควบคุมปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อการออกแบบและสายการผลิตสายไฟฟ้าประเภททนไฟ โดยการประยุกต์ใช้การวิเคราะห์แขนงความบกพร่อง (FTA) และการวิเคราะห์ความบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) ต่อคุณภาพในการออกแบบและกระบวนการผลิตเป็นเครื่องมือคุณภาพหลัก โดยเริ่มการศึกษาด้วยการรวบรวมปัญหาและข้อบกพร่องต่างๆที่ก่อให้เกิดความไม่พึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์ของลูกค้า โดยอาศัยการระดมความคิด, การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัญหาหรือข้อบกพร่อง, การศึกษาความเกี่ยวข้องระหว่างปัญหาต่างๆกับผู้รับผิดชอบ จากนั้นใช้การวิเคราะห์แขนงความบกพร่องและการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบต่อคุณภาพในการวิเคราะห์ข้อบกพร่องต่างๆ รวมถึงความครอบคลุมในการรวบรวมข้อบกพร่อง ซึ่งจากวิธีการทั้งสองพบว่า ข้อบกพร่องต่างๆของทั้งสองวิธีการมีความสอดคล้องกัน โดยจำนวนข้อบกพร่องที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบต่อคุณภาพมีจำนวนมากกว่าและครอบคลุมทุกหัวข้อของผลการวิเคราะห์ด้วยการวิเคราะห์แขนงความบกพร่องในการปรับปรุงแก้ไขและควบคุมปัจจัยต่างๆที่มีผลกระทบต่อการออกแบบและการผลิตนั้น จึงอ้างอิงผลจากการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบต่อคุณภาพเป็นหลัก

อินทิรา เหล่าศรีมงคล (2547) งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดของเสียในผลิตภัณฑ์เหล็กหล่อ และเพื่อคำนวณหาจุดคุ้มทุนจากการลงทุนเพื่อลดของเสียจากงานหล่อ ผลิตภัณฑ์ที่เลือกเพื่อเป็นแนวทางการศึกษาคือชิ้นส่วนประกอบรถยนต์ Fly Wheel ZE1 อาการเสียที่พบมากเป็นอันดับต้นๆ คือ ปัญหาการเกิดตามด ซึ่งมีสาเหตุมาจากหลายปัจจัย ปัญหาตามดนี้ส่งผลเสียในเชิงประสิทธิภาพของสายการผลิต เบื้องต้นทีมงานวิจัยได้เปรียบเทียบปัจจัยควบคุมเกี่ยวกับการผลิตผลิตภัณฑ์กับบริษัทลูกค้า ซึ่งมีกิจกรรมในการผลิต Fly Wheel ZE1 เช่นเดียวกันพบว่ามี 2 ปัจจัยที่ควบคุมแตกต่างกัน คือ ยี่ห้อ coal dust และการเติมแป้งข้าวโพดในแบบหล่อทรายโดยที่บริษัทกรณีศึกษาใช้ coal dust ยี่ห้อ A เติมแป้งข้าวโพดในอัตราส่วนกับทรายทำแบบ 1:8 ในขณะที่ทาง

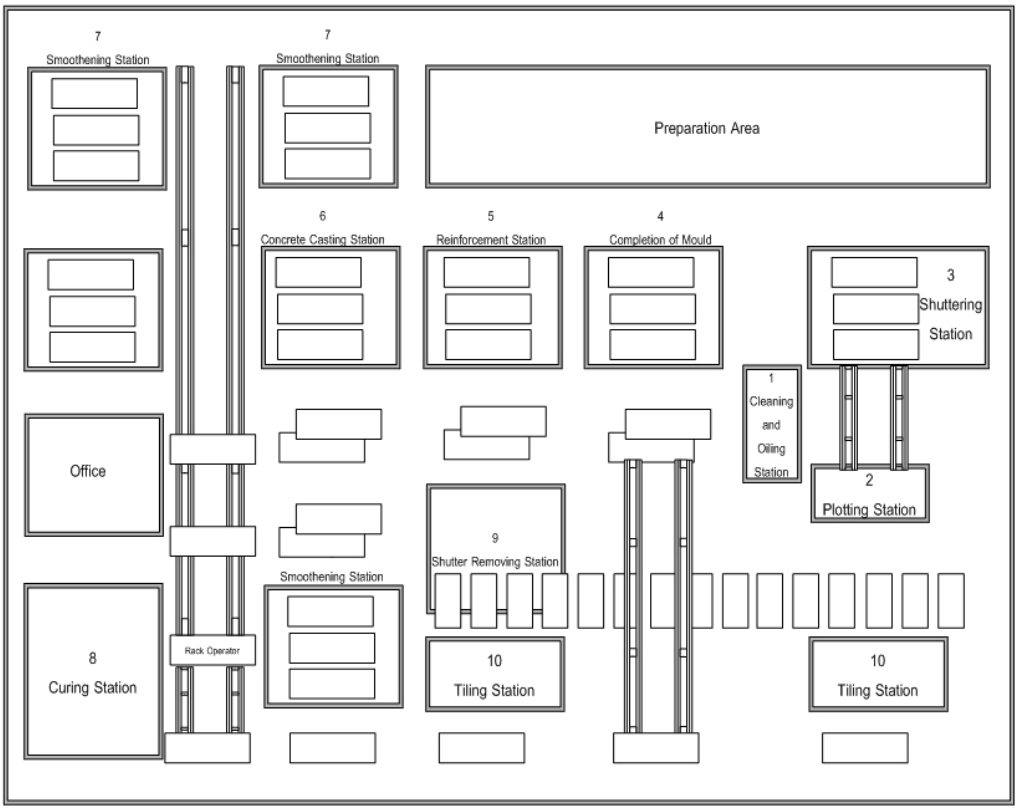
บริษัทเปรียบเทียบใช้ coal dust ยี่ห้อ B และไม่ใช้แป้งข้าวโพดเติมในทรายทำแบบหล่อเลย ทีมงานได้ระดมความคิดถึงปัจจัยอื่นๆในสายการผลิตที่ส่งผลกับปัญหาตามด โดยใช้เทคนิค Cause and Effect Matrix, Why-Why analysis และ FMEA ปัจจัยที่มีคะแนน RPN ตั้งแต่ 100 คะแนนขึ้นไปได้แก่ % ซัลเฟอร์และปริมาณขี้เถ้าที่ปนใน coal dust ยี่ห้อ A ในปริมาณที่สูง ค่าความโป่งของแบบทรายต่ำเนื่องจากการดูดซับน้ำในปริมาณมากจากแป้งข้าวโพด ค่าความอัดแน่นของแบบทรายต่ำเนื่องจากความละเอียดแบบผงฝุ่นของแป้งข้าวโพด และทรายร้อนที่ติดกับกระสวน ทีมงานสนใจที่จะทำการทดลองว่าการเปลี่ยนยี่ห้อ coal dust จาก A เป็น B และการไม่ใช้แป้งข้าวโพดเป็นส่วนผสมในแบบทรายจะสามารถลดของเสียจากปัญหาตามดได้โดยวิธีทดสอบทีละปัจจัย โดยหล่องานจำนวน 168 ตัว พบว่าการใช้ coal dust B และการไม่ใช้แป้งข้าวโพด ช่วยให้ปัญหาตามดลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ด้วยความเชื่อมั่น 95 % เมื่อคำนวณความคุ้มค่าพบว่า สามารถลดต้นทุนต่อตัวเนื่องจากการใช้ coal dust B ในปริมาณที่เพิ่มขึ้น และไม่ใช้แป้งข้าวโพดเป็นจำนวน 0.52 บาท และสามารถลดต้นทุนจากค่าความเสียหายของงานที่เป็นตามดได้เป็นจำนวนมากอย่างมีนัยสำคัญ จุดคุ้มทุนจากการลงทุนด้านคุณภาพนี้ได้จากการหล่อชิ้นงาน Fly Wheel ZE1 ตั้งแต่ 6,381 ตัวขึ้นไป

บทที่ 4
การสำรวจปัญหางานวิจัย

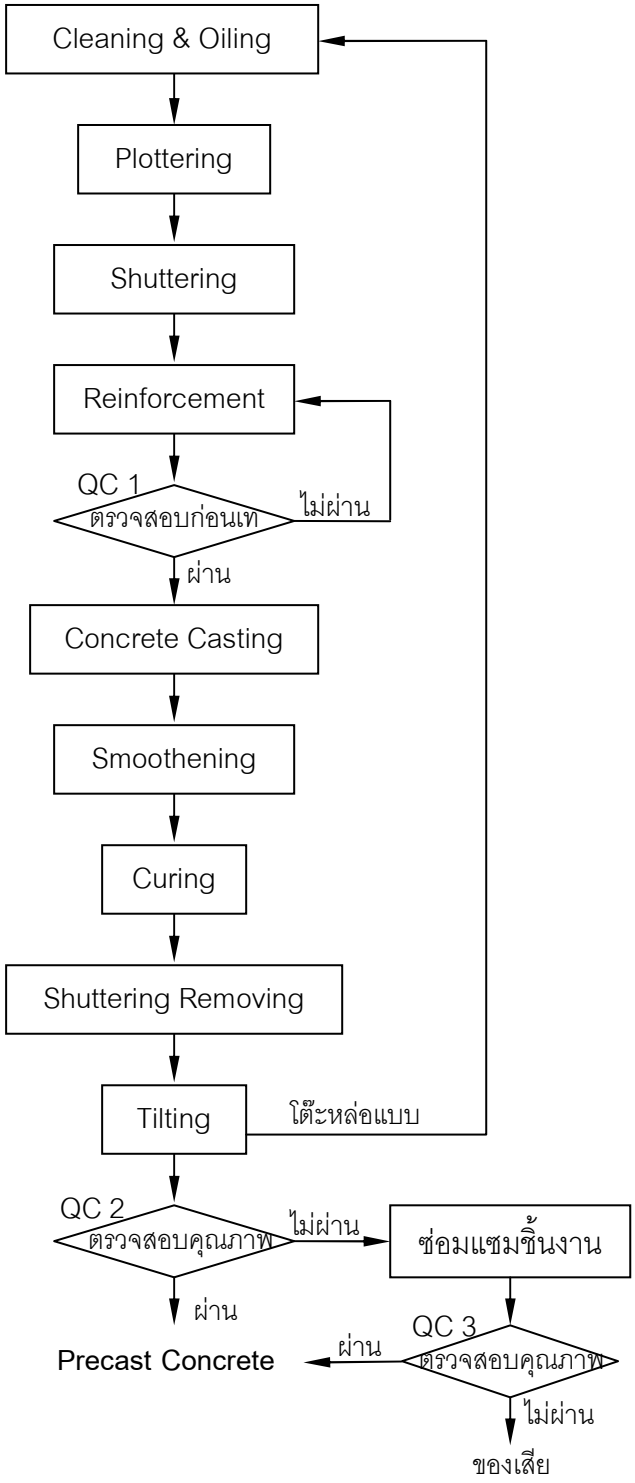
4.1 การศึกษากระบวนการผลิตของโรงงานกรณีศึกษา

ภายในพื้นที่ของโรงงานกรณีศึกษาจะแบ่งแยกการผลิตเป็น 2 ส่วนโรงงานย่อยในปัจจุบัน คือ โรงงาน Precast concrete Factory 1: PCF1 ซึ่งจะทำการผลิตชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปประเภทผนังบ้านทั้งหมดของบ้านทุกแบบ และโรงงาน Precast concrete Factory 2: PCF2 ซึ่งจะทำการผลิตชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปประเภทชิ้นส่วนเฉพาะทั้งหมด เช่น เสารั้วบ้าน แผ่นผนังรั้วบ้าน เสารั้วโครงการ แผ่นผนังรั้วโครงการ โดมบ้าน กล่องถังขยะ ฝาท่อระบายน้ำ เป็นต้น ซึ่งโรงงานทั้งสองโรงใช้ระบบการผลิตที่ต่างกันคือ โรงงาน PCF1 จะเป็นระบบกึ่งอัตโนมัติด้วยเครื่องจักรที่ทันสมัย แต่โรงงาน PCF2 จะเป็นการหล่อชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปจากแบบหล่อซึ่งมี 2 รูปแบบคือ แบบหล่อ Static Mold และแบบหล่อ Battery Mold ซึ่งจะใช้แรงงานจากคนเป็นหลัก

โรงงาน PCF1 มีกระบวนการผลิตดังแสดงในรูปที่ 4.1 และ 4.2



รูปที่ 4.1 แสดงแผนผังการผลิตของโรงงาน PCF1



รูปที่ 4.2 แผนผังการไหลแสดงกระบวนการทำงานของโรงงาน PCF1

กระบวนการผลิตชิ้นงาน

การผลิตชิ้นงานในโรงงาน PCF1 มีขั้นตอนการทำงานดังต่อไปนี้

1. ทำความสะอาดโต๊ะแบบและเคลือบน้ำมัน (Cleaning and Oiling Station) โต๊ะหล่อจะเคลื่อนไปตามแนวทางเดิน (Roller Block) ผ่านไปยังเครื่องจักรทำความสะอาดและพ่นน้ำยาทาแบบ เพื่อป้องกันไม่ให้คอนกรีตติดกับโต๊ะหล่อ

2. กำหนดตำแหน่งอุปกรณ์ (Plotting Station) เครื่องเขียนแบบ (Plotter) จะนำข้อมูลจากเครื่องคอมพิวเตอร์หลัก (Master Computer) นำไปวาด (Plot) รูปชิ้นงานบนโต๊ะแบบ เพื่อระบุตำแหน่งขององค์ประกอบต่าง ๆ เช่น ประตู หน้าต่าง ปลั๊กไฟ ท่อไฟ ท่อน้ำ เป็นต้น

3. วางแบบกั้นข้าง (Shuttering Station) ทำการวางเหล็กกั้นแบบข้าง เพื่อเป็นแนวในการเทคอนกรีต

4. วางอุปกรณ์และวัสดุฝัง (Completion of Mould) วางอุปกรณ์และวัสดุฝัง เช่น บล็อกกั้นข้าง (Block out) บล็อกไฟฟ้า บล็อกประปา ตามตำแหน่งที่ระบุไว้

5. วางโครงเหล็กเสริมความแข็งแรง (Reinforcement Station) ทำการวางโครงสร้างเหล็กเสริมความแข็งแรงและติดตั้งวัสดุฝังที่เหลือทั้งหมด ตามตำแหน่งที่กำหนดไว้

6. เทคอนกรีต (Concrete Casting) กระสวยจะบรรจุคอนกรีตผสมเสร็จ มาเทลงในเครื่องเทคอนกรีต (Concrete Spreader) และต่อจากนั้นพนักงานจะทำการบังคับเครื่องเทคอนกรีตมาเทคอนกรีตลงบนโต๊ะหล่อ เมื่อทำการเทคอนกรีตเสร็จเครื่องสั่น (Vibrator) จะทำงาน โดยทำการสั่นโต๊ะหล่อด้วยความถี่สูงเพื่อไล่ฟองอากาศออกจากคอนกรีต

7. ขัดผิวหน้าคอนกรีต (Smoothening Station) เป็นกระบวนการขัดมันผิวหน้าชิ้นงานคอนกรีต ซึ่งก่อนทำการขัดมันผิวหน้าชิ้นงานจะต้องปล่อย

คอนกรีตทิ้งไว้ เพื่อให้คอนกรีตเกิดการก่อตัวเริ่มต้น (Initial Setting Time) ก่อนแล้วจึงขัดผิวหน้าคอนกรีตโดยเครื่องเฮลิคอปเตอร์ (Helicopter)

8. บ่มคอนกรีต (Curing Station) เมื่อทำการขัดมันผิวคอนกรีตเสร็จแล้วก็จะถูกนำส่งไปยังห้องบ่มคอนกรีต โดยเครื่องยกโต๊ะหล่อ (Rack Operator) จะทำการเก็บโต๊ะหล่อไว้ภายในห้องบ่มคอนกรีตเพื่อเร่งชิ้นงานให้ได้กำลังของคอนกรีตเร็วและดีขึ้น ซึ่งจะทำการบ่มคอนกรีตไม่น้อยกว่า 8 ชั่วโมง

9. ถอดแบบ (Shuttering Removing Station) จุดถอดแบบข้างจะทำการถอดเหล็กแบบข้างที่วางไว้ออก พร้อมทั้งวัสดุฝังที่จะต้องนำออกจากชิ้นงานคอนกรีตก็จะถูกนำออกในกระบวนการนี้ด้วย

10. ยกชิ้นงานเก็บ (Tilting Station) โต๊ะหล่อจะถูกยกเอียงขึ้นจากพื้นทำมุม 85 องศา เพื่อง่ายต่อการยกชิ้นงานออกจากโต๊ะหล่อและเก็บชิ้นงานที่ได้ในรั้วเก็บ (Rack) ที่จัดไว้ จากนั้นโต๊ะหล่อจะเคลื่อนเข้าสู่จุดทำความสะอาด และพ่นน้ำยาทาแบบอีกครั้ง เพื่อผลิตงานในรอบต่อไป

4.1.2 โรงงาน PCF2 มีกระบวนการผลิตดังแสดงในรูปที่ 4.3

กระบวนการผลิตชิ้นงานของผนังรั้วบ้านทาวเฮ้าส์ของโรงงาน PCF2 มีขั้นตอนการทำงานดังต่อไปนี้

1. ทำความสะอาดแบบหล่อและทาน้ำยาทาแบบหล่อให้ทั่วพื้นที่ผิวแบบที่จะใช้หล่อ

2. ทำการประกอบแบบหล่อเข้าให้สนิทกันแล้วทำการล็อกแบบหล่อด้วยชุดน็อตล็อก

3. ติดตั้งเหล็กเสริมและวัสดุฝังต่างๆลงในแบบหล่อแล้วทำการจับยึดอุปกรณ์ติดตั้งนั้นให้แน่นกับแบบหล่อ

4. ทำการตรวจสอบการติดตั้งวัสดุฝังก่อนการเทคอนกรีต

5. นำคอนกรีตเทลงในแบบหล่อแต่ละช่องให้เต็มและทำการจี้คอนกรีตเพื่อไล่ฟองอากาศออกทันทีหลังการเทเสร็จ

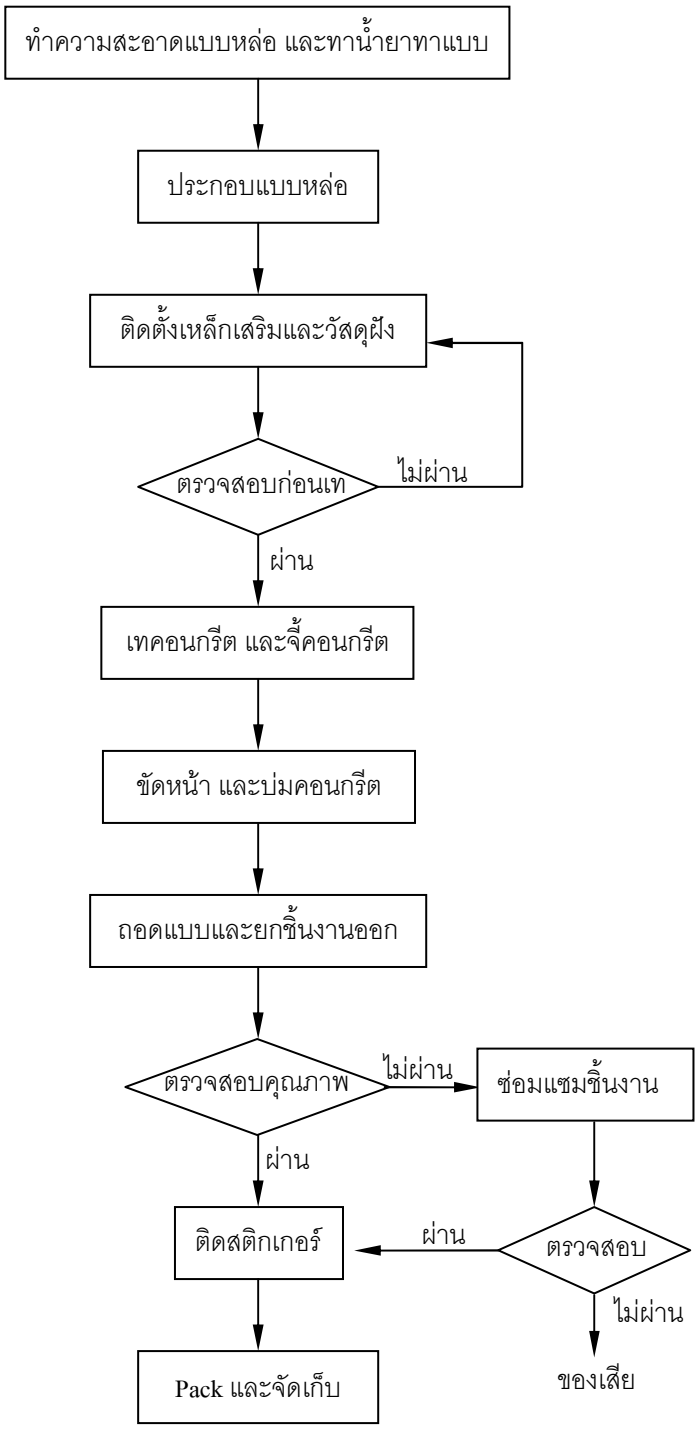
6. ทำการขัดผิวหน้าคอนกรีตด้านบนแล้วรอให้คอนกรีตเริ่มก่อตัวเริ่มต้น (Initial Setting Time) จึงทำการขัดมันผิวหน้าอีกครั้งหลังจากนั้นจึงบ่มคอนกรีตโดยการปล่อยให้คอนกรีตเซ็ทตัวในแบบหล่อไม่น้อยกว่า 8 ชั่วโมง

7. ทำการถอดแบบหล่อออกและยกชิ้นงานออกจากแบบหล่อด้วยเครน

8. ตรวจสอบคุณภาพและซ่อมแซมชิ้นงานที่ไม่สมบูรณ์ให้เรียบร้อย

9. นำชิ้นงานมาทำการตรวจสอบคุณภาพอีกครั้ง ถ้าผ่านก็ทำการติดสติกเกอร์ รหัสแท่ง (Bar code)

10. หลังจากนั้นยกชิ้นงานขึ้นบรรจุในรั้วเก็บ (Rack) เพื่อรอการจัดเก็บภายนอกโรงงานยังพื้นที่จัดเก็บและทำการขนส่งชิ้นงานต่อไป



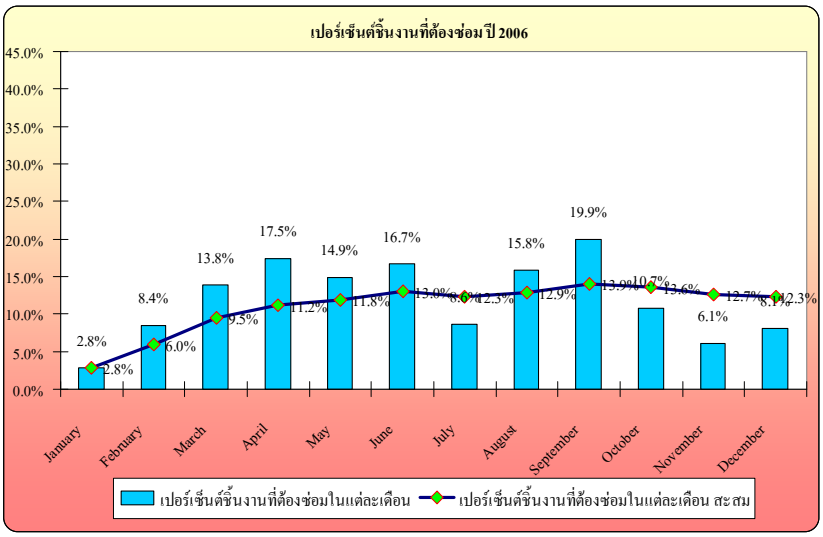
รูปที่ 4.3 แผนผังการไหลแสดงกระบวนการทำงานของการผลิตแผ่นผนังรั้วบ้านของโรงงาน PCF2

4.2 ปัญหาเบื้องต้นของโรงงานกรณีศึกษา

จากสภาพการปฏิบัติงานในปัจจุบันของทางโรงงาน PCF1 ซึ่งเป็นระบบการผลิตแบบกึ่งอัตโนมัติ และเป็นกระบวนการผลิตแบบไหล (Flow shop) ซึ่งถ้าสถานีงานใดสถานีงานหนึ่งหยุดการทำงานหรือขัดข้อง จะทำให้กระบวนการทั้งหมดจะต้องหยุดดำเนินการผลิตไปด้วย ดังนั้นกระบวนการผลิตของโรงงาน PCF1 จะต้องดำเนินการผลิตอย่างต่อเนื่องกันตลอดจึงจะทำให้กระบวนการผลิตมีความสมดุล และปัญหาหนึ่งที่จะทำให้เกิดการหยุดชะงักของกระบวนการผลิตก็คือปัญหาในการแก้ไขงานที่ทำการผลิตผ่านไปแล้ว

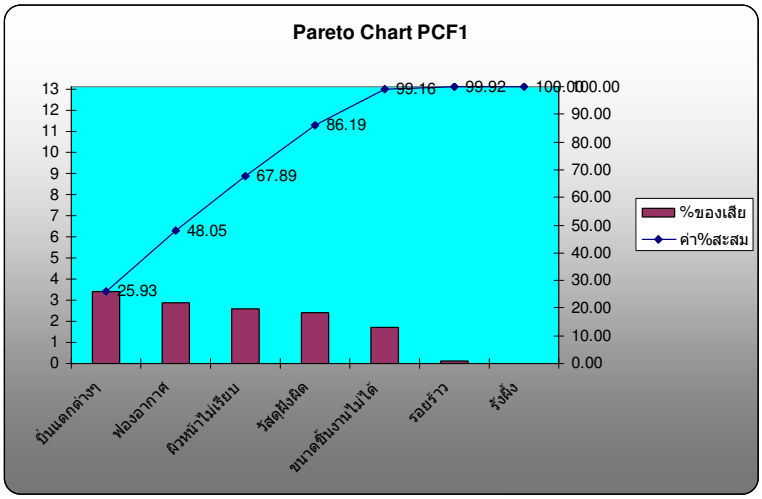
และจากการเข้าไปทำการสำรวจสภาพปัญหาในเบื้องต้นของโรงงาน PCF1 ก็พบว่าปัญหาเบื้องต้นมีดังต่อไปนี้

1. กระบวนการทำงานของพนักงานไม่ปฏิบัติตาม WI และ WI ที่มียากต่อการเข้าใจและไม่เหมาะสมกับการปฏิบัติงานปัจจุบันและไม่ครอบคลุมทุกกระบวนการทำงาน
2. งานเตรียมวัสดุฝังไม่สามารถทำได้ทันกับกระบวนการผลิตจึงทำให้เกิดการรอคอยในกระบวนการผลิต
3. วัสดุประเภทอุปกรณ์เตรียมประกอบเป็นวัสดุฝังไม่มีการจัดเก็บให้เพียงพอกับความต้องการใช้งาน
4. กระบวนการตรวจสอบคุณภาพชิ้นงานก่อนการเทคอนกรีตมีการตรวจสอบที่ไม่เข้มงวดแต่กลับให้ความสนใจ (เข้มงวด) ในการตรวจสอบคุณภาพหลังการเทคอนกรีตซึ่งยากต่อการแก้ไขชิ้นงาน และถ้าชิ้นงานไม่สามารถแก้ไขได้ก็จะเป็นของเสียและต้องทำการแทรกงานการผลิตใหม่
5. ปริมาณงานซ่อมแซมหลังการยกชิ้นงานออกมีจำนวนมาก



รูปที่ 4.4 แผนภูมิแสดงเปอร์เซ็นต์งานซ่อมของโรงงาน PCF1 ของปี 2006 (รวมทุกสาเหตุของงานซ่อม)

สถิติของทางโรงงานที่ได้ทำการจัดเก็บปริมาณงานซ่อมที่เกิดขึ้นในปี 2006 รวมทุกสาเหตุงานซ่อม (รูปที่ 4.4) ที่เกิดขึ้นมีปริมาณเฉลี่ยสะสมตลอดทั้งปีสูงถึง 12.3% และนอกจากนั้นพบว่าปริมาณชิ้นงานที่ต้องทำการทิ้ง (Reject) เฉลี่ยที่ 1.03% ซึ่งชิ้นงานโดยส่วนมากที่ทำการซ่อมแซม (Repair) จะเป็นงานที่เกิดข้อบกพร่องแล้วไม่ส่งผลกระทบกับความแข็งแรงของชิ้นงานเมื่อนำไปประกอบเป็นตัวบ้านและสามารถที่จะทำการซ่อมแซมได้ ส่วนชิ้นงานที่ทำการทิ้งจะเป็นชิ้นงานที่มีผลต่อความแข็งแรงของตัวบ้านเมื่อทำการประกอบ หรือถ้าทำการซ่อมแซมจะต้องใช้เวลาหรือค่าใช้ในการซ่อมแซมสูงมาก ดังนั้นจากสถิติที่เกิดขึ้นกับระบบการผลิตของโรงงานซึ่งเป็นแบบกึ่งอัตโนมัติจึงแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตและผลิตภาพของทางโรงงานที่ต่ำกว่าที่ควรจะเป็นมาก



รูปที่ 4.5 แผนภูมิพาเรโต ในการวิเคราะห์ผลงานซ่อม PCF1

และเมื่อทำการแยกสภาพของปัญหาการซ่อมแซม (รูปที่ 4.5) ชิ้นงานของโรงงาน PCF1 ออกตามแต่ละสาเหตุการซ่อมแซม แล้วทำการสร้างแผนภูมิพาเรโตก็พบว่า งานซ่อมแซมที่มีมากคือ เกิดการบิ่นแตกต่างๆ เกิดฟองอากาศ ผิวหน้าไม่เรียบ การฝังวัสดุฝังผิด และขนาดของชิ้นงานไม่ได้ตามแบบ ตามลำดับ

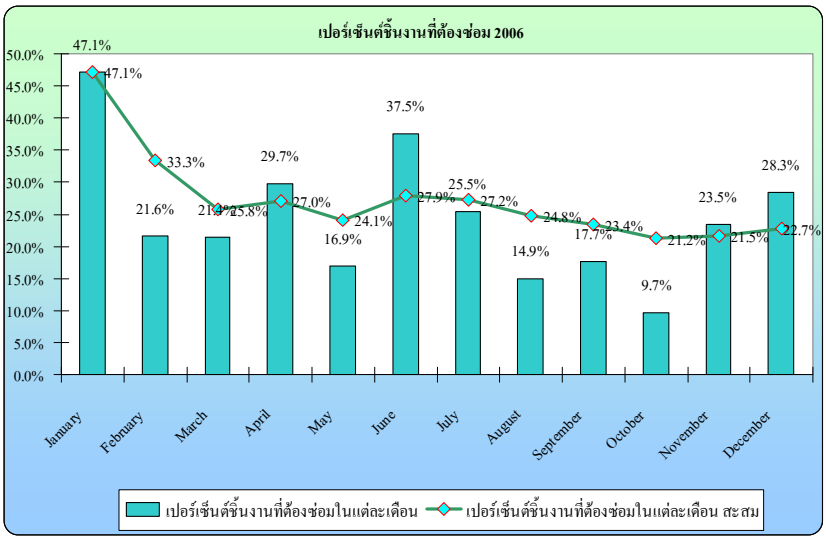
จากปัญหาที่เกิดขึ้นทั้งหมดจะส่งผลต่อคุณภาพของตัวบ้านแม้ว่าชิ้นงานคอนกรีตสำเร็จรูปที่ผลิตออกมาจะมีการซ่อมแซมเรียบร้อยแล้วก็ตามก็ยังมีผลกระทบเกี่ยวกับด้านความสวยงามและแข็งแรงของชิ้นงาน เช่น ชิ้นงานไม่เรียบเสมอกันตลอดชิ้นงาน สีของชิ้นงานผิดเพี้ยน ยากต่อการประกอบเป็นตัวบ้าน เป็นต้น

ส่วนการปฏิบัติงานของทางโรงงาน PCF2 จะเป็นระบบการผลิตแบบแบบหล่ออยู่กับที่ คือ แบบหล่อจะไม่มีการเคลื่อนที่ แต่พนักงานจะเป็นผู้นำส่วนประกอบต่างๆมาทำการติดตั้งที่แบบหล่อแล้วจึงนำคอนกรีตมาเทที่แบบหล่อนั้นๆ หลังจากนั้นก็จะทำการบ่มแล้วถอดชิ้นงานออกจากแบบหล่อ ซึ่งการผลิตแบบนี้จะแตกต่างจากโรงงาน PCF1 อย่างสิ้นเชิง เพราะเมื่อแบบหล่อตัวใดตัวหนึ่งมีปัญหาก็สามารถที่จะใช้แบบหล่อชนิดเดียวกันทำการผลิตทดแทนกันได้ สำหรับพนักงานในกระบวนการผลิตของ PCF2 จะเป็นแบบจ้างเหมาผู้รับเหมามาทำการผลิต โดยพนักงานของทางโรงงานกรณีศึกษาจะเป็นผู้ควบคุมดูแล และตรวจรับงานร่วมกับหัวหน้าผู้รับเหมา ในกระบวนการผลิตพนักงานของผู้รับเหมาเป็นพนักงานที่มีทักษะในการทำงานบ้าง แต่ส่วนมากพนักงานจะไม่มีหรือมีทักษะในการทำงานที่ต่ำ ส่วนหนึ่งเนื่องมาจากไม่มีการฝึกอบรมหรือสอน

งานของผู้รับเหมาและอัตราการเข้าออกงาน (Turn over) ของพนักงานมีสูง และหรือพนักงานไม่ได้ปฏิบัติตามกระบวนการทำงานที่กำหนดไว้ จึงทำให้กระบวนการผลิตมีความผิดพลาดเกิดขึ้นบ่อยครั้ง

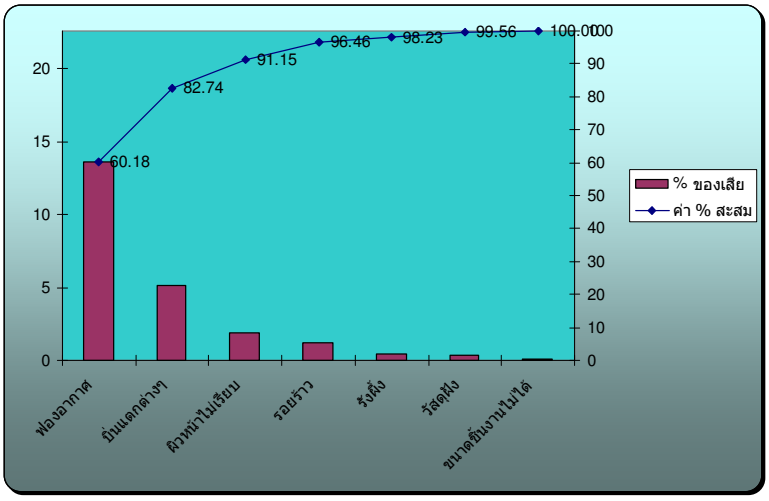
และจากการเข้าไปสำรวจสภาพปัญหาในเบื้องต้นของโรงงาน PCF2 ก็พบว่าปัญหาเบื้องต้นมีดังต่อไปนี้

1. กระบวนการผลิตไม่มี WI ที่เป็นมาตรฐานในการทำงาน
2. การใช้พื้นที่ของโรงงานไม่มีการจัดระเบียบและมีการเก็บชิ้นงานเสียภายในตัวโรงงานทำให้พื้นที่ในการผลิตมีไม่เพียงพอ
3. ชิ้นงานทุกชิ้นจะต้องมีการซ่อมแซมชิ้นงาน จึงทำให้การซ่อมแซมชิ้นงานกลายเป็นกระบวนการหนึ่งของกระบวนการผลิต
4. จำนวนชิ้นงานซ่อมสูงมากซึ่งการตรวจสอบจะเป็นการตรวจสอบว่าถ้าเป็นงานซ่อมที่ต้องทำการซ่อมแซมที่มากจึงจะตรวจสอบเป็นงานซ่อมแซมแต่ถ้าเป็นการซ่อมแซมเล็กน้อยจะตรวจสอบว่าเป็นชิ้นงานที่ผ่านการตรวจสอบ
5. จำนวนชิ้นงานที่เป็นของเสียจากกระบวนการผลิตสูงมาก
6. สภาพของพื้นที่ทำงานไม่มีการจัดระเบียบของพื้นที่การใช้งาน
7. มีกระบวนการหล่อชิ้นงานบางชนิดต้องทำการผลิตภายนอกโรงงาน ซึ่งถ้าเกิดฝนตกจะทำให้งานหล่อทั้งหมดเสียหาย



รูปที่ 4.6 แผนภูมิแสดงเปอร์เซ็นต์งานซ่อมของโรงงาน PCF2 ของปี 2006 (รวมทุกสาเหตุของงานซ่อม)

สถิติของทางโรงงานที่ได้ทำการจัดเก็บไว้ในปี 2006 ของทางโรงงาน PCF2 ปริมาณงานซ่อมรวมทุกสาเหตุการซ่อมเฉลี่ยสะสมตลอดทั้งปี (รูปที่ 4.6) อยู่ที่ 22.7% ซึ่งนับว่าสูง และปริมาณชิ้นงานที่ทำการทิ้งอยู่ที่เฉลี่ย 0.60% ซึ่งปริมาณของงานที่นับเป็นการซ่อมแซม และทิ้งของโรงงาน PCF2 จะแตกต่างจากโรงงาน PCF1 เพราะชิ้นส่วนผลิตภัณฑ์คอนกรีตของ PCF2 จะเป็นลักษณะของชิ้นส่วนคอนกรีตเฉพาะ และไม่ได้ทำการรับแรง (Load) มากนัก ชิ้นงานที่จะนับเป็นงานซ่อมแซมจึงเป็นชิ้นงานที่มีข้อบกพร่องที่มากกว่าหรือสูงกว่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ เช่น ขนาดของฟองอากาศที่มีขนาดมากกว่า 10 มิลลิเมตรให้ทำการซ่อมแซมทั้งหมด แต่ถ้าฟองอากาศมีขนาดเล็กกว่า 10 มิลลิเมตรแต่ขนาดใหญ่กว่า 6 มิลลิเมตรมากกว่า 1 ฟองในพื้นที่ 1,300 ตารางมิลลิเมตรให้ทำการซ่อมแซม เป็นต้น ซึ่งมาตรฐานที่ได้กำหนดไว้เป็นมาตรฐานที่ค่อนข้างผ่อนปรน แต่ก็ยังพบว่ามีงานซ่อมแซมที่สูงมาก นอกจากนั้นงานที่จะทำการทิ้งก็คืองานที่ไม่สามารถทำการซ่อมแซมได้หรือค่าใช้จ่ายในการซ่อมแซมสูงเกินกว่าที่จะยอมรับได้เท่านั้น



รูปที่ 4.7 แผนภูมิพาเรโต ในการวิเคราะห์ผลงานซ่อม PCF2

เมื่อทำการนำสาเหตุการซ่อมแซมแยกตามแต่ละสาเหตุของโรงงาน PCF2 ในปี 2006 มาทำแผนภูมิพาเรโต (รูปที่ 4.7) ก็พบว่าปัญหาด้านฟองอากาศและบิ่นแตกต่างๆ เป็นปัญหาที่มีความสำคัญมาก ตามลำดับ

4.3 วิเคราะห์ปัญหางานวิจัยในเบื้องต้น

จากปัญหาทั้งหมดสรุปเป็นปัญหาของโรงงานที่เกิดขึ้นได้ 5 ข้อดังนี้

1. ทางโรงงานทั้งสองโรงงานมีปริมาณของงานซ่อมแซมชิ้นงานหลังการผลิตเสร็จสิ้นแล้วและชิ้นงานเสียหายจำนวนมาก

2. แนวทางในการแก้ปัญหาของทางโรงงานยังไม่มีลำดับและขั้นตอนในการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาที่ชัดเจน

3. ปัญหาบางปัญหาที่ได้รับการแก้ไขไปแล้วยังไม่มีกระบวนการควบคุมทำให้ปัญหานั้นเกิดขึ้นซ้ำอีกในกระบวนการเดิม

4. ทางโรงงานไม่ทราบถึงความต้องการที่แท้จริงของลูกค้า (ลูกค้าภายในซึ่งก็คือโครงการก่อสร้างของ บริษัทกรณีศึกษา) ว่าคืออะไรและปัญหาที่เกิดขึ้นเป็นอย่างไรเมื่อนำชิ้นงานไปประกอบ

5. การส่งมอบชิ้นงานให้ลูกค้าไม่ตรงตามกำหนดเวลาเนื่องมาจากหลายสาเหตุทั้งจากทางลูกค้าและจากทางโรงงานเอง

จากปัญหาข้อ 1. พบว่า

- กระบวนการตรวจสอบคุณภาพในระหว่างกระบวนการ (QC1) ยังไม่สามารถตรวจจับชิ้นงานที่บกพร่องได้อย่างมีประสิทธิภาพเพียงพอ
- กระบวนการผลิตมีการปรับเปลี่ยนชนิดของผลิตภัณฑ์บ่อยครั้ง
- การออกแบบแบบหล่อชิ้นงานไม่เหมาะสม
- มีการเร่งแผนการผลิตของผลิตภัณฑ์ใหม่ก่อนที่อุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตจะพร้อม
- วัสดุ อุปกรณ์และเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตขาดการดูแลให้อยู่ในสภาพดีและเพียงพอกับการใช้งาน
- พนักงานขาดความรู้ความชำนาญในวิธีการทำงานของตนเอง
- พนักงานไม่ได้เคร่งครัดในการปฏิบัติตามมาตรฐานการปฏิบัติงาน (WI) และตัวมาตรฐานการปฏิบัติงานเองก็ไม่เป็นปัจจุบัน

จากปัญหาข้อ 2. พบว่า

- ปัญหาของกระบวนการผลิตที่เกิดขึ้นมีผลจากหลายๆปัจจัยประกอบกัน
- วิศวกรและพนักงานขาดเทคนิควิธีการทางวิศวกรรมอุตสาหการที่ดีเพียงพอในการจัดการกับปัญหาที่เกิดขึ้น
- การประสานงานระหว่างกระบวนการและระหว่างหน่วยงานเมื่อพบปัญหาเป็นไปอย่างล่าช้าและขาดประสิทธิภาพ

จากปัญหาข้อ 3. พบว่า

- ทางโรงงานยังขาดประสิทธิภาพในการควบคุมและป้องกันการเกิดขึ้นซ้ำของปัญหาที่เคยเกิดขึ้นแล้ว

- ภาระงานที่วิศวกรได้รับมีปริมาณมากจึงทำให้ไม่มีการวิเคราะห์แก้ไขในสาเหตุที่แท้จริงของปัญหา

จากปัญหาข้อ 4. พบว่า

- ขาดการติดต่อสื่อสารข้อมูลระหว่างโรงงานผลิตชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปกับโครงการก่อสร้างอย่างต่อเนื่อง
- ช่องทางในการแจ้งปัญหาที่เกิดขึ้นเมื่อนำชิ้นงานไปติดตั้งกลับมายังโรงงานยังไม่มีประสิทธิภาพ

จากปัญหาข้อ 5. พบว่า

- กระบวนการผลิตไม่สามารถที่จะทำการผลิตได้ตามเป้าหมายที่ตั้งเอาไว้
- กระบวนการผลิตบางชิ้นส่วนที่ผลิตต่างที่กันไม่สามารถผลิตได้ทันเวลาทำให้ต้องรอชิ้นส่วนชุดประกอบบ้านหลังเดียวกันผลิตเสร็จจนครบจึงสามารถขนส่งไปยังลูกค้าได้
- กระบวนการผลิตมีการแทรกงานผลิตเกิดขึ้น จึงต้องปรับแผนการผลิตประมาณ 5-6 ครั้งต่อเดือน
- จำนวนของพื้นที่จัดเก็บชิ้นส่วนและ Rack สำหรับบรรจุชิ้นส่วนมีปริมาณไม่เพียงพอ
- ลูกค้าไม่สามารถรับชิ้นงานได้ตามข้อตกลงกับทางโรงงานเมื่อผลิตเสร็จแล้วทำให้กระทบถึงแผนการผลิตและขนส่งโดยรวม

4.4 การเลือกนำเทคนิค QFD และ FMEA มาใช้ในการแก้ไขปัญหา

จากสภาพปัญหาที่เกิดขึ้นทั้งหมดของโรงงานผลิตชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปของบริษัทกรณีศึกษา ซึ่งเป็นระบบการผลิตแบบโรงงานอุตสาหกรรม ที่มีการทำงานเป็นขั้นเป็นตอนและซ้ำกระบวนการเดิม ซึ่งวิศวกรของทางโรงงานเป็นวิศวกรโยธา ไม่มีความรู้ทางด้านการปรับปรุงและควบคุมคุณภาพของกระบวนการผลิตแบบระบบโรงงานอุตสาหกรรมมากนัก จึงทำให้วิศวกรโรงงานไม่รู้ว่าจะต้องทำการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นและควบคุมป้องกันการเกิดขึ้นซ้ำของปัญหาเหล่านั้นได้อย่างไร ได้แต่เพียงทำการแก้ปัญหาเฉพาะหน้าเท่านั้น ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงได้ร่วมกันกับทีมวิศวกรของทางโรงงานกรณีศึกษาทำการระดมสมอง (Brainstorming) และ

แลกเปลี่ยนความรู้และประสบการณ์ต่างๆ เพื่อช่วยกันในการปรับปรุงกระบวนการผลิตและคุณภาพของชิ้นงานคอนกรีตสำเร็จรูป ค้นหาสาเหตุของปัญหาของทางโรงงานร่วมกัน

จากการปรึกษาและทราบถึงปัญหาที่เกิดขึ้นทางผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาหาความรู้เกี่ยวกับงานก่อสร้างและงานคอนกรีตเพิ่มเติม ก็พบว่าสภาพของปัญหาที่เกิดขึ้นทั้งหมดมีความสัมพันธ์กันเกี่ยวข้องกันอย่างมากในแต่ละปัญหาและส่งผลด้านความรุนแรงและความแข็งแรงของชิ้นงานคอนกรีตที่เกิดขึ้นที่แตกต่างกัน

ทางผู้วิจัยจึงได้เลือกนำเทคนิค QFD และ FMEA มาเป็นเครื่องมือหลักในการปรับปรุงกระบวนการผลิตและคุณภาพของชิ้นงานคอนกรีตสำเร็จรูปของบริษัทกรณีศึกษา โดยใช้เทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ (Quality Function Deployment: QFD) เพื่อทำการแปรความต้องการของลูกค้ามาเป็นข้อกำหนดทางด้านเทคนิคของผลิตภัณฑ์ที่ลูกค้าต้องการ ใช้การวิเคราะห์การเทียบเคียง (Benchmarking) กับคู่แข่งขันทางธุรกิจเพื่อการกำหนดหรือพัฒนากลยุทธ์สำหรับการบริหารโครงการของทางผู้บริหารและแข่งขันกับคู่แข่งในตลาด แล้วค้นหาข้อกำหนดทางด้านเทคนิคที่มีความสัมพันธ์กับความต้องการของลูกค้าที่สูงตามเทคนิค QFD มาทำการปรับปรุงกระบวนการผลิต

เมื่อเราทราบถึงว่ากระบวนการผลิตใดมีความสำคัญ ก็จะนำกระบวนการเหล่านั้นมาทำการวิเคราะห์โดยเทคนิคของ FMEA ผู้วิจัยจึงเลือกใช้เพียงบางส่วนของเทคนิค FMEA คือ Process FMEA หรือ PFMEA เพื่อมาทำการหาความสำคัญของปัญหาในแต่ละกระบวนการผลิตว่าปัญหาใดควรได้รับการแก้ไขก่อนหลัง และสาเหตุของการเกิดลักษณะข้อบกพร่องต่างๆตามวิธีการของเทคนิค PFMEA เพื่อให้ได้มาซึ่งค่าความเสี่ยงชี้นำ (Risk Priority Number: RPN) แล้วจึงทำการเริ่มปรับปรุงในส่วนของข้อบกพร่องที่มีค่า RPN ที่สูงก่อน

จากกระบวนการผลิตของโรงงานบริษัทกรณีศึกษาซึ่งแต่ละโรงงานมีกระบวนการผลิตที่แตกต่างกัน ทางผู้วิจัยจึงทำการแบ่งการปรับปรุงโดยการประยุกต์ใช้เทคนิค QFD และ FMEA แยกออกตามแต่ละโรงงานผลิต โดยโรงงาน PCF1 ได้เลือกผลิตภัณฑ์ชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปประเภทผนังบ้าน ซึ่งโรงงาน PCF1 จะมีลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ทำการผลิตแบบเดียวกันจึงเลือกผลิตภัณฑ์ดังกล่าวในการปรับปรุงสำหรับโรงงาน PCF1 ส่วนของโรงงาน PCF2 จะเลือกผลิตภัณฑ์ชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปประเภทผนังรั้วบ้านทาวเฮ้าส์มาทำการปรับปรุง เพราะว่าผลิตภัณฑ์ดังกล่าวเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณการผลิตที่สูง และมีปัญหาข้อบกพร่องต่างๆจากกระบวนการผลิตที่เกิดขึ้นอย่างมาก จึงเลือกทำการปรับปรุงกระบวนการผลิตของผลิตภัณฑ์

ดังกล่าวก่อนเพื่อเป็นกรณีตัวอย่างแล้วจึงขยายผลไปสู่การปรับปรุงของการผลิตของผลิตภัณฑ์อื่นๆ ต่อไป

บทที่ 5
วิธีดำเนินการวิจัย

5.1 การประยุกต์ใช้เทคนิค QFD กับกรณีศึกษา

ในการประยุกต์ใช้เทคนิค QFD กับกรณีศึกษานี้ ดังที่ได้กล่าวไว้แล้วในตอนต้นเกี่ยวกับข้อจำกัดต่างๆของบริษัทกรณีศึกษา จึงทำให้การประยุกต์ใช้เทคนิค QFD กระทำได้เฉพาะในส่วนของบ้านหลังที่ 3 ของเทคนิค QFD คือส่วนของการวางแผนกระบวนการผลิต (Manufacturing or Process Planning) โดยจะเป็นการนำข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary data) จากทางบริษัทกรณีศึกษามาเป็นความต้องการของลูกค้า และทางผู้วิจัยก็ได้ขอเข้าเก็บข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับลูกค้าภายในของบริษัทกรณีศึกษา (ซึ่งเป็นผู้ที่นำชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปจากทางโรงงานเพื่อนำไปประกอบ) เพิ่มเติมในส่วนความต้องการของลูกค้าด้วย

และในการประยุกต์ใช้เทคนิค QFD และ PFMEA กับบริษัทกรณีศึกษาทางผู้วิจัยจึงได้ทำการเลือกผลิตภัณฑ์จากแต่ละโรงงานมาโรงงานละหนึ่งผลิตภัณฑ์เพื่อทำการปรับปรุงเป็นกรณีศึกษาตัวอย่างเพื่อใช้ในการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ในส่วนอื่นๆต่อไป โดยที่ผลิตภัณฑ์ที่ทางทีมงานและผู้วิจัยได้ทำการเลือกมาสำหรับโรงงาน PCF1 คือ ผนังบ้าน ซึ่งเป็นชิ้นส่วนคอนกรีตที่มีกระบวนการผลิตแบบแนวนอน (เทราบกับพื้น) และเป็นผลิตภัณฑ์เพียงชนิดเดียวที่ทำการผลิตในโรงงาน PCF1 ในปัจจุบัน และสำหรับโรงงาน PCF2 ทางทีมงานและผู้วิจัยได้ตัดสินใจเลือกผลิตภัณฑ์ รั้วบ้านทาวน์เฮ้าส์ เนื่องจากว่าทางทีมงานพบว่าเป็นชิ้นส่วนที่มีคำสั่งผลิตมากที่สุดและมีปริมาณของเสียมากที่สุดในโรงงานดังนั้นในการวิจัยนี้จึงขอใช้คำว่ากระบวนการผลิตของโรงงาน PCF1 แทนกระบวนการผลิตผนังบ้าน และกระบวนการผลิตของโรงงาน PCF2 แทนกระบวนการผลิต รั้วบ้านทาวน์เฮ้าส์

บ้านหลังที่ 3 ของเทคนิค QFD จะเป็นการหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรกระบวนการดำเนินงานกับข้อกำหนดทางเทคนิคเพื่อที่จะกำหนดลำดับความสำคัญและแนวทางในการปรับปรุงตัวแปรของกระบวนการดำเนินงานเพื่อให้สอดคล้องกับความต้องการของทุกฝ่าย

5.1.1 ข้อกำหนดทางเทคนิค (Technical Requirements)

ข้อกำหนดทางเทคนิคที่ทำการแบ่งลักษณะตามประเภทของการตรวจสอบตามกระบวนการผลิตสามารถที่จะแบ่งได้เป็น 4 กลุ่มหลักได้ดังนี้

1. ลักษณะทางกายภาพภายนอก
2. งานฝังภายในชิ้นงาน
3. Dimension และความแข็งแรง
4. การจัดเก็บและขนส่งชิ้นงาน

โดยมีระดับความสำคัญของแต่ละข้อกำหนดทางด้านเทคนิคดังแสดงในตารางที่ 5.1 และตารางที่ 5.2

ตารางที่ 5.1 แสดงข้อกำหนดทางเทคนิคและระดับความสำคัญของแต่ละข้อกำหนดของโรงงาน PCF1

ข้อกำหนดทางเทคนิค		ระดับความสำคัญ
ลักษณะทางกายภาพภายนอก		
1	ไม่มีฟองอากาศที่ผิวหน้า	3.73
2	ผิวหน้าเรียบเนียนไม่เป็นคลื่น	2.99
3	ขอบวงกบ, B/O, ช่องเปิดเรียบร้อย	2.99
4	Key Joint ไม่บิ่น และตรงตามแบบ	3.73
5	ขอบและมุมเรียบร้อย	3.73
6	ไม่มีรอยร้าวเกิดขึ้น	6.72
งานฝังภายในชิ้นงาน		
7	มีวัสดุฝังและวงกบครบตามแบบ	5.97
8	วัสดุฝังตรงตามตำแหน่ง	5.97
9	ท่อวัสดุไฟฟ้าและประปาไม่ตัน	5.22
10	B/O ฝังถูกต้องไม่เลื่อน	5.97

11	กล่องไฟฟ้าไม่เอียง	5.22
12	วงกบติดตั้งถูกด้าน	5.22
Dimension และความแข็งแรง		
13	ขนาดชิ้นงานถูกต้องตามแบบ	6.72
14	วงกบติดตั้งไม่บิดโก่ง	5.97
15	แบบ Drawing เป็นแบบที่ใหม่ล่าสุด	6.72
16	ความแข็งแรงชิ้นงานผ่านเกณฑ์มาตรฐาน	4.48
การจัดเก็บและขนส่งชิ้นงาน		
17	การ Pack แผ่นขนส่งแน่นหนา	5.97
18	ไม่มีการเสียหายจากการขนส่ง	5.97
19	การขนส่งตรงตามแผน	6.72

ตารางที่ 5.2 แสดงข้อกำหนดทางเทคนิคและระดับความสำคัญของแต่ละข้อกำหนดของโรงงาน PCF2

ข้อกำหนดทางเทคนิค		**ระดับความสำคัญ**
ลักษณะภายนอกของชิ้นงาน		
1	ไม่มีรอยร้าวเกิดขึ้น	5.31
2	ไม่มีฟองอากาศตลอดผิวงาน	6.19
3	ผิวงานเรียบเนียน	7.96
4	ลวดลายหรือคิ้วสวยงาม	4.42
5	ชิ้นงานไม่บิ่นแตก	7.96

การฝังวัสดุ		
6	ตำแหน่งจุดยกถูกต้องไม่จม	7.08
7	ตำแหน่ง Plate ถูกต้องไม่จม	7.08
8	ตำแหน่ง Box ไฟ ถูกต้อง	7.08
Dimension และความแข็งแรง		
9	ความยาวชิ้นงานตามแบบ	7.96
10	ความสูงชิ้นงานตามแบบ	7.96
11	ความหนาชิ้นงานถูกต้อง	7.08
12	ความแข็งแรงชิ้นงาน	6.19
13	อายุการใช้งาน	5.31
การจัดเก็บและขนส่งชิ้นงาน		
14	เวลาการจัดส่ง	7.08
15	บริการหลังการขาย	5.31

จากในตารางที่ 5.1 และ 5.2 เป็นข้อกำหนดทางเทคนิคของทั้งสองผลิตภัณฑ์ จากสองโรงงาน ซึ่งข้อกำหนดทางเทคนิคในรายละเอียดจะมีความแตกต่างกันในแต่ละผลิตภัณฑ์ ส่วนของค่าระดับความสำคัญจะเป็นการให้ค่าระดับโดยทีมงานจากโรงงานผลิตและจากโครงการก่อสร้างทำการให้ค่าระดับความสำคัญ โดยมีค่าระดับในแต่ละข้อกำหนดตั้งแต่ 0-10 โดยค่า 0 คือมีค่าระดับความสำคัญน้อยที่สุดหรือไม่มีความสำคัญและค่า 10 คือค่าระดับความสำคัญมากที่สุดคือมีความสำคัญมากมาก โดยการนำค่าระดับความสำคัญของแต่ละข้อกำหนดจากทางโรงงานและทางโครงการก่อสร้างมาทำการหาค่าเฉลี่ยแล้วจึงคิดออกมาเป็นค่าร้อยละของความสำคัญของข้อกำหนดนั้นๆจากข้อกำหนดทั้งหมดของผลิตภัณฑ์

นอกจากข้อกำหนดของทางโรงงานเองแล้วผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับความต้องการโดยการสอบถามจากทางวิศวกรของทางโรงงานทั้งสองโรงงาน สอบถามจาก

สถาปนิกที่ควบคุมและดูแลเรื่องออกแบบชิ้นส่วนคอนกรีตและสอบถามจากทางโครงการก่อสร้างถึงความต้องการที่มีกับชิ้นงานรวมถึงปัญหาที่เกิดขึ้นในปัจจุบันด้วย ซึ่งก็พบว่าทางวิศวกรโรงงานต้องการที่จะทำการแก้ไขปัญหาต่างๆเพื่อลดเปอร์เซ็นต์ของเสียลง ส่วนทางสถาปนิกที่ดูแลเรื่องการออกแบบชิ้นส่วนคอนกรีตต้องการให้ชิ้นส่วนคอนกรีตมีความหลากหลายและผลิตได้ตามแบบที่ออกไว้ ในส่วนของโครงการก่อสร้างก็พบว่าชิ้นส่วนคอนกรีตที่ได้จากทางโรงงานจะต้องนำมาทำการปรับแต่งเพิ่มเติมก่อนติดตั้งจำนวนมากในหลายๆจุด รวมถึงปัญหาทางด้านการประสานงานในการซ่อมแซมชิ้นงาน งบประมาณในการซ่อมแซม ซึ่งบางชิ้นงานที่เสียหายหรือบกพร่องรุนแรงจะต้องให้ทางโรงงานมาทำการตรวจสอบและดำเนินการซ่อมซึ่งต้องใช้เวลานานทำให้แผนการประกอบบ้านไม่สามารถดำเนินไปได้ตามแผนงาน และเกิดการล่าช้า ซึ่งจากปัญหาทั้งหมดผู้วิจัยได้ทำการสรุปและรวบรวมปัญหาที่พบแจ้งให้กับทางโรงงานได้รับทราบ พบว่าในบางปัญหาทางโรงงานไม่ได้รับทราบถึงปัญหาเหล่านั้นเลย และทางโรงงานเองก็พร้อมที่จะดำเนินการร่วมกันในการแก้ปัญหา ทางทีมงานวิจัยจึงเสนอขอให้มีการประชุมร่วมกันระหว่างโรงงานกับทางโครงการก่อสร้าง ซึ่งก่อนหน้านี้ก็ได้มีการประชุมกันอยู่เป็นประจำแต่เป็นการประชุมกันในระดับผู้บริหารจึงอาจจะทำให้ปัญหาต่างๆไม่ได้ถูกส่งผ่านมาได้อย่างครบถ้วน

หลังจากการประชุมก็ทำให้ทางโครงการก่อสร้างและโรงงานผลิตมีความเข้าใจถึงปัญหาและความต้องการที่เกิดขึ้นของแต่ละฝ่าย และก็ได้มีการจัดประชุมต่อเนื่องในอีกหลายๆครั้งต่อๆมาในระดับวิศวกรและช่างเทคนิค ได้ข้อสรุปออกมาว่าทางโรงงานจะทำการปรับเพิ่มมาตรฐานการตรวจรับชิ้นงานโดยการลดช่วงของการยอมรับได้ (Control limits) รวมถึงรายละเอียดอื่นๆด้วย เช่น ลดขนาดของฟองอากาศจากเดิม 10 มิลลิเมตร เหลือ 6 มิลลิเมตร ลดช่วงขอบเขตการยอมรับของขนาดยาวจาก ±15 มิลลิเมตร เหลือ ±10 มิลลิเมตร ขนาดความสูงจาก ±10 มิลลิเมตร เหลือ ±6 มิลลิเมตร เป็นต้น (ซึ่งรายละเอียดสามารถดูในภาคผนวก ซ.)

5.1.2 กระบวนการดำเนินงานที่เกี่ยวข้องกับข้อกำหนดทางเทคนิค

ในส่วนของกระบวนการดำเนินงานที่เกี่ยวข้องกับข้อกำหนดของแต่ละผลิตภัณฑ์กรณีศึกษาได้แสดงในตารางที่ 5.3 และตารางที่ 5.4

ตารางที่ 5.3 แสดงกระบวนการดำเนินงานและเป้าหมายของผลิตภัณฑ์ผนังบ้านของโรงงาน PCF1

การดำเนินงานผลิตภัณฑ์ผนังบ้าน	เป้าหมายการดำเนินงาน
รับ Order ผลิต	รับ Order ครบและถูกต้องตามลำดับการผลิตที่จัดไว้ล่าสุด

วางแผนการผลิต	วางแผนการผลิตตรงกับแบบและความต้องการของลูกค้า
สั่งซื้อวัสดุ อุปกรณ์	สั่งซื้อในปริมาณที่พอเพียงกับแผนการผลิต
สโตร์ตรวจนับวัสดุ	ตรวจรับและจัดเก็บถูกต้องตามจำนวนและสถานที่
ตรวจสอบคุณภาพของวัสดุ	คุณภาพวัสดุผ่านตามข้อกำหนดมาตรฐาน
การสุ่มทดสอบวัสดุตามแผนงาน	สุ่มตรวจตรงตามตารางสุ่มของแต่ละวัสดุ
จัดตารางการผลิตและส่งชิ้นงาน	ตารางผลิตถูกต้องไม่มีการเปลี่ยนแปลงอีก
เบิกวัสดุจากสโตร์	เบิกวัสดุพอดีกับภาระงาน
จัดเตรียมประกอบเหล็ก, วัสดุฝัง	ประกอบวัสดุทันเวลา และถูกต้องตามขนาดแบบ
Plottering (Control Of Pallet)	เครื่อง Plottering ไม่ผิดพลาด ไม่มี Error
ประกอบ Shuttering	ประกอบตรงแนวเส้นขอบของ Plotter
ติดตั้งB/O, วงกบและวัสดุฝัง (Bottom)	ติดตั้งครบถ้วนถูกต้องแน่นหนาตรงตามแบบ
วางเหล็กเสริมและวัสดุฝัง (Top)	ติดตั้งครบถ้วนถูกต้องและมีการติดกาวแน่นหนา
ผสมคอนกรีต+Slump	ปริมาณและสูตรผสมถูกต้องตามชนิดของผลิตภัณฑ์
เทคอนกรีต+เขย่า	เทคอนกรีตและเกลี่ยจนเต็ม+เขย่าจนไล่อากาศหมด
ขัดผิวหน้าคอนกรีต	ผิวหน้าคอนกรีตเรียบเนียนทั่วแผ่น
อบชิ้นงานคอนกรีตในตู้อบ	อบชิ้นงานทุกชิ้นไม่น้อยกว่า 8 ชั่วโมง
ถอดแบบข้าง, B/O	ถอดโดยไม่ให้ชิ้นงานเสียหาย และใช้อุปกรณ์การถอดถูกวิธี
ตรวจสอบชิ้นงาน (QC)(Top)	ตรวจสอบทุกชิ้นงาน ทั้งขนาดและทิศทางครบถ้วน
ยกชิ้นงานออกจากโต๊ะ Tilting	ยกโดยไม่มีการกระแทก
ตรวจสอบชิ้นงาน (QC)(Bottom)	ตรวจสอบทุกชิ้นงาน ทั้งขนาดและทิศทางครบถ้วน

Packing + ส่ง Rack เข้าสต็อก	Packing แน่นและถูกต้องตามมาตรฐาน
ขนส่งชิ้นงาน	ขนส่งงานตรงตามแผน

ตารางที่ 5.4 แสดงกระบวนการดำเนินงานและเป้าหมายของผลิตภัณฑ์ผนังรั้วบ้านทาวน์เฮ้าส์ของโรงงาน PCF2

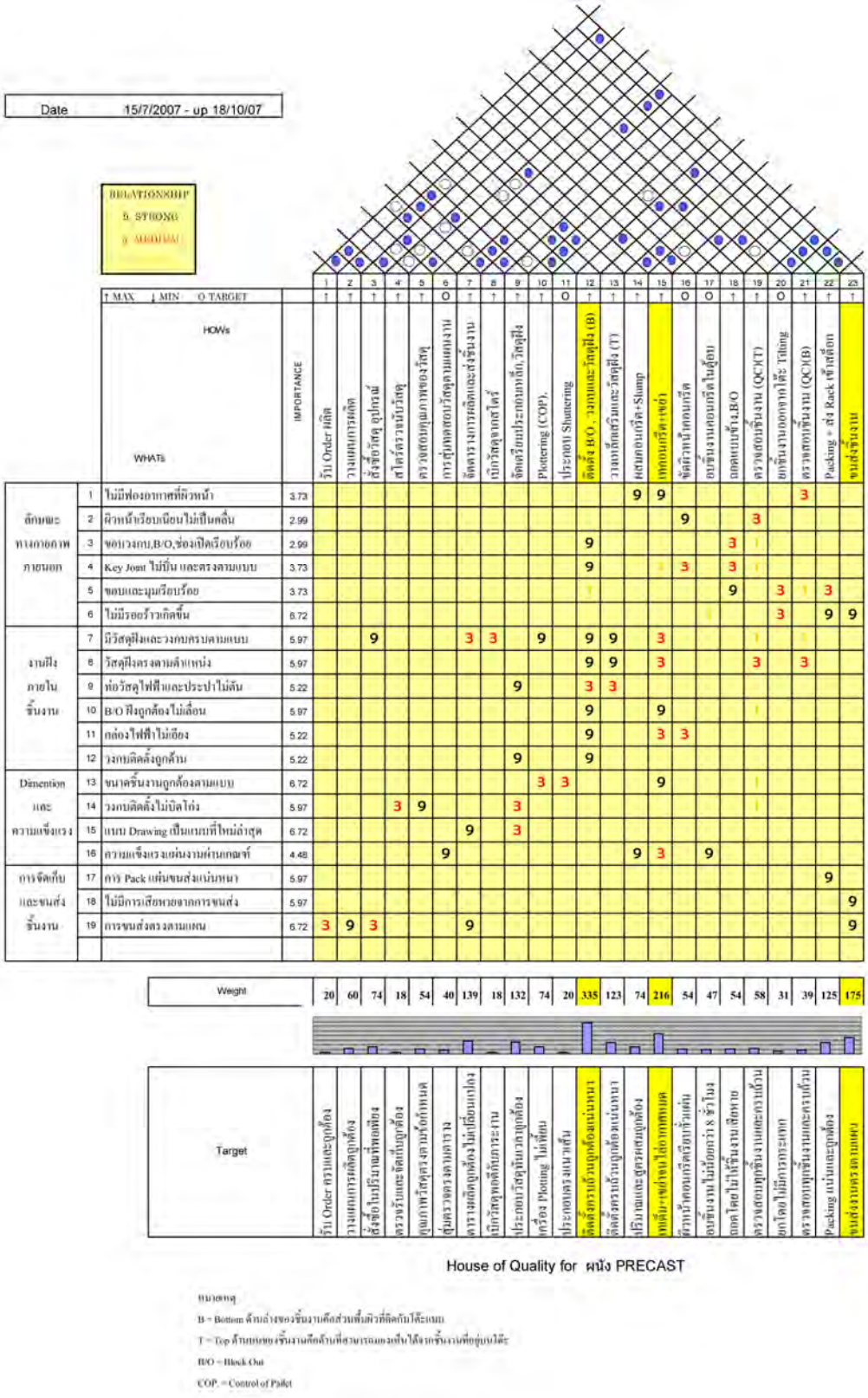
การดำเนินงานผลิตภัณฑ์ผนังรั้วบ้านทาวน์เฮ้าส์	**เป้าหมายการดำเนินงาน**
การสั่งซื้อวัตถุดิบและวัสดุ	สั่งซื้อในปริมาณที่เพียงพอกับการผลิต
การตรวจรับวัตถุดิบและวัสดุ	การตรวจรับถูกต้อง วัสดุผ่านเกณฑ์มาตรฐาน
การเบิกวัตถุดิบและวัสดุ	เบิกได้ตามใบเบิกวัสดุและรวดเร็วไม่ต้องรอ
การเตรียมเหล็กเสริม	เตรียมเหล็กเสริมถูกต้องทันตามแผนการผลิต
การทำความสะอาดแบบหล่อ	แบบหล่อไม่มีเศษปูนหรือวัสดุอื่นติดค้างอยู่
การทาน้ำยาทาแบบ	ทาทั่วแบบหล่อและเรียบ ไม่เยิ้ม
ประกอบแบบ	ประกอบแนบสนิทและครบถูกต้อง
การติดตั้งเหล็กเสริมและวัสดุฝัง	ติดตั้งถูกต้อง ครบถ้วน และแน่นหนา
การตรวจสอบก่อนการเทคอนกรีต	ไม่มีความผิดพลาดที่เกิดขึ้นก่อนการเท
การเทคอนกรีต	เทเต็มและทันเวลาก่อนปูนเริ่มเซ็ตตัวเริ่มต้น
การจี้คอนกรีต	จี้จนไล่ฟองอากาศหมด และก่อนการเซ็ทตัว
การขัดหน้าชิ้นงาน	ผิวหน้าชิ้นงานเรียบเสมอกัน
การบ่มคอนกรีต	บ่มได้ตามระยะเวลาที่กำหนด
การถอดแบบชิ้นงาน	ถอดถูกต้องตามขั้นตอนอย่างระมัดระวัง
การยกชิ้นงานออก	ยกแล้วสามารถหาที่วางได้ทันที
การตรวจสอบคุณภาพ	ลดของเสียที่จะถึงมือลูกค้า

การซ่อมแซมชิ้นงาน	ให้ชิ้นงานถูกต้องตามเกณฑ์ขั้นต่ำและสวยงาม
การ Packing Rack	สะดวกในการขนส่งและปลอดภัย
การนำ Rack เข้า Stock	รักษาพื้นที่ทำงานและเตรียมขนส่ง
การจัดส่งชิ้นงาน	จัดส่งได้ตรงเวลาตามตารางการขนส่ง

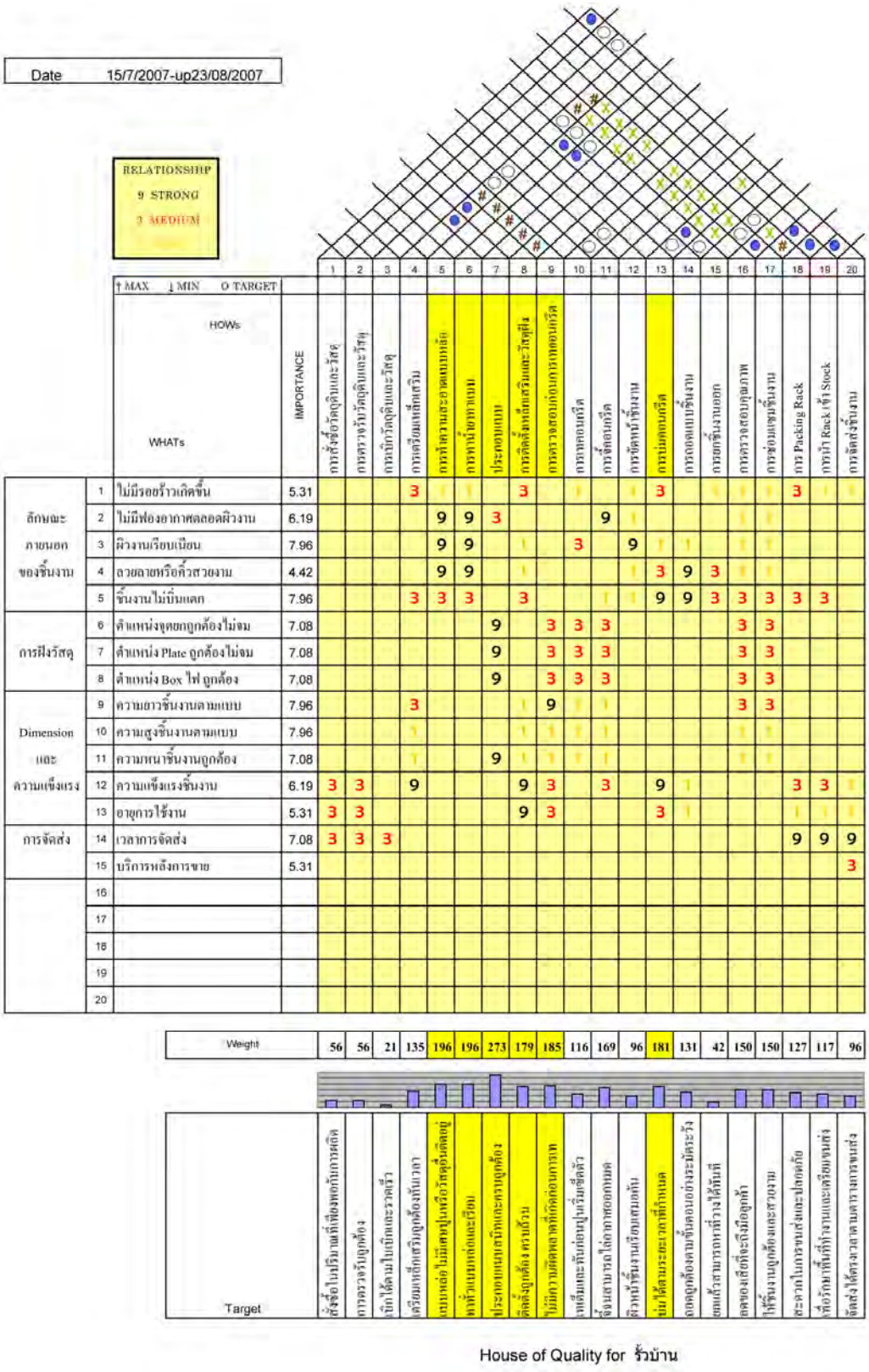
นำข้อกำหนดทางเทคนิคและกระบวนการดำเนินการใส่ใน HOQ ของ QFD แล้วใส่ค่าระดับความสัมพันธ์กันระหว่างกระบวนการดำเนินงานต่างๆในส่วนหลังคาบ้าน HOQ โดยแบ่งเป็น ความสัมพันธ์แบบบวกมาก (Strong ++), ความสัมพันธ์ทางบวก (Positive +), ความสัมพันธ์ทางลบ (Nagative -), ความสัมพันธ์แบบลบมาก (Strong --), ส่วนกระบวนการใดที่ไม่มีความสัมพันธ์กันก็ให้ทำการเว้นช่องว่างเอาไว้

หลังจากนั้นจึงทำการใส่ค่าในส่วนของเมตริกซ์ความสัมพันธ์ระหว่างข้อกำหนดทางเทคนิคกับการดำเนินการย่อยว่า ข้อกำหนดทางเทคนิคใดมีความสัมพันธ์กับกระบวนการย่อยใด และมากน้อยเพียงใด โดยกำหนดระดับความสัมพันธ์ไว้เป็น 4 ระดับ คือ ความสัมพันธ์กันมาก (Strong) ให้ใส่ค่าหมายเลข 9 ลงในช่องเมตริกความสัมพันธ์นั้น, ความสัมพันธ์กันปานกลาง (Medium) ให้ทำการใส่ค่าหมายเลข 3 ลงในช่องเมตริกความสัมพันธ์, มีความสัมพันธ์กันน้อย (Weak) ให้ทำการใส่หมายเลข 1 ลงในช่องเมตริกความสัมพันธ์ และถ้าไม่มีความสัมพันธ์กันก็ให้เว้นว่างไว้สำหรับช่องเมตริกความสัมพันธ์นั้นๆ

ต่อจากนี้ก็ทำการคำนวณหาค่าน้ำหนักความสัมพันธ์ของการดำเนินงานที่ควรจะต้องทำการปรับปรุงหรือที่มีความสำคัญมากกับความต้องการของลูกค้าหรือข้อกำหนดทางเทคนิคเพื่อนำมาทำการปรับปรุงก่อนเป็นลำดับแรก โดยการคำนวณหาค่าน้ำหนักความสัมพันธ์ทำได้ดังนี้ เช่น กระบวนการดำเนินงานสั่งซื้อวัสดุอุปกรณ์ มีความสัมพันธ์กับข้อกำหนดการมีวัสดุฝังและวงกบครบตามแบบในระดับมากใส่เลข 9 และสัมพันธ์กับการขนส่งตามแผนในระดับปานกลางใส่หมายเลข 3 และทำการคำนวณค่าน้ำหนักโดยการนำค่าน้ำหนักความสัมพันธ์นั้นไปคูณกับค่าความสำคัญของข้อกำหนดทางเทคนิคแต่ละตัวแล้วบวกรวมกันเป็นค่าน้ำหนักความสัมพันธ์ = (9x5.97) + (3x6.72) = 73.89 แล้วทำการปัดค่าเศษขึ้นเป็นจำนวนเต็มคือ 74 เป็นต้น ทำเช่นนี้จนครบทุกการดำเนินงาน โดยที่การทำตาราง HOQ นี้จะต้องทำในห้องประชุมเพื่อระดมสมองกันในการให้ความสัมพันธ์ และได้ตารางดังในรูปที่ 5.1 สำหรับ PCF1 และรูปที่ 5.2 สำหรับ PCF2



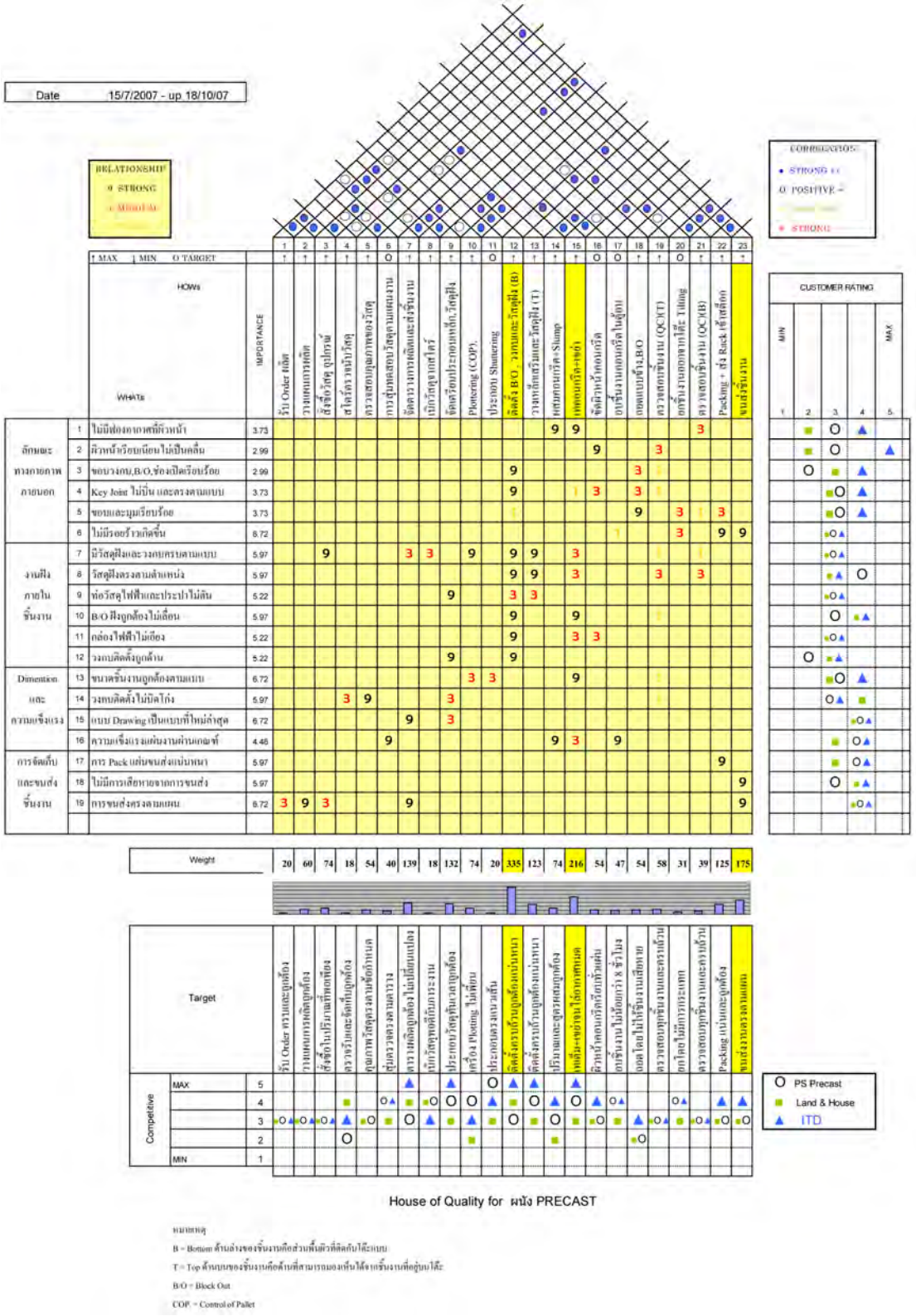
รูปที่ 5.1 แสดง HOQ เฟสที่ 3 โรงงาน PCF1 ในเบื้องต้นที่นำข้อมูลที่ได้มาใส่ในตาราง HOQ ของเทคนิค QFD



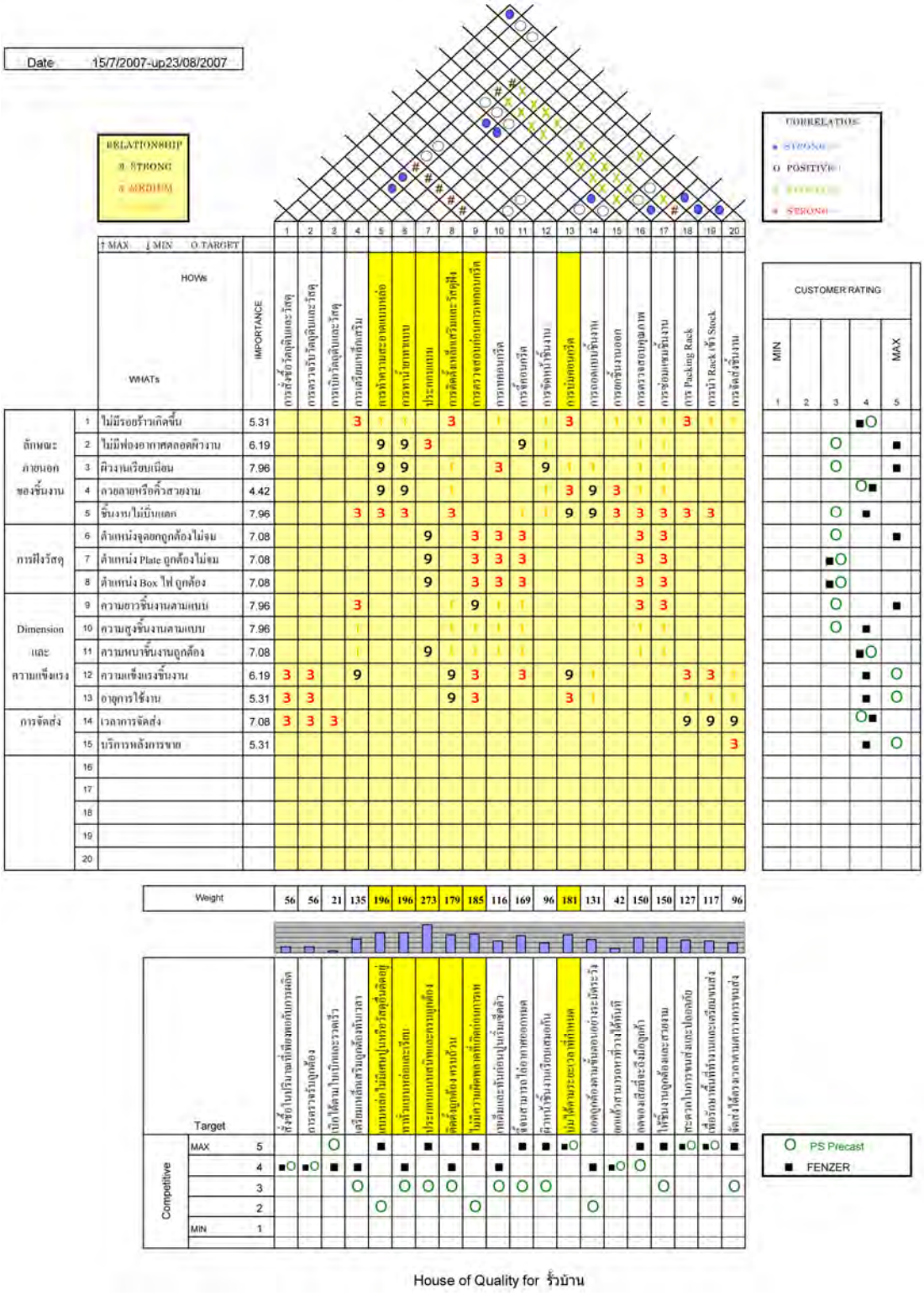
รูปที่ 5.2 แสดง HOQ เฟสที่ 3 โรงงาน PCF2 ในเบื้องต้นที่นำข้อมูลที่ได้มาใส่ในตาราง HOQ ของเทคนิค QFD

นอกจากนี้ในตาราง HOQ ของเทคนิค QFD ยังสามารถทำการประเมินเทียบเคียง (Benchmarking) ความสามารถของกระบวนการดำเนินงานและการสนองตอบข้อกำหนดทางเทคนิคของบริษัทกรณีศึกษาเทียบกับคู่แข่งขันภายในอุตสาหกรรมเพื่อเป็นส่วนหนึ่งในการตัดสินใจที่จะทำการปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงการดำเนินการต่างๆร่วมกับค่าน้ำหนักความสัมพันธ์ที่ได้ของ QFD เช่น ถ้าค่าน้ำหนักความสัมพันธ์มากที่วัสดุฝังครบถูกต้องแต่การเทียบเคียงในอุตสาหกรรมของทางโรงงานสามารถผลิตได้เป็นผู้นำก็สามารถที่จะทำการปรับปรุงในส่วนที่ทางโรงงานยังเป็นรองกับคู่แข่งในอุตสาหกรรมก่อนเป็นลำดับแรกแทน เป็นต้น

และเมื่อทำการใส่การเทียบเคียงภายในห้องประชุมร่วมกันก็พบว่าในการเทียบเคียงในบางหัวข้อนั้นไม่สามารถทราบได้ถึงข้อมูลของผู้แข่งขันจึงได้ทำการประมาณใส่ค่าระดับการเทียบเคียงในเบื้องต้นไปก่อนแล้วจึงทำการแก้ไขในส่วนของการเทียบเคียงในการประชุมครั้งต่อไปหรือเมื่อมีข้อมูลการเทียบเคียงที่ควรจะเปลี่ยนแปลงและถูกต้องตามความเป็นจริง และหลังจากที่ทำการใส่ค่าระดับการเทียบเคียงที่ถูกต้องและครบถ้วนแล้ว จะได้ HOQ เฟสที่ 3 ของ QFD ที่สมบูรณ์ดังในรูปที่ 5.3 และรูปที่ 5.4 สำหรับ PCF1 และ PCF2 ตามลำดับ



รูปที่ 5.3 แสดงตาราง HOQ เฟสที่ 3 โรงงาน PCF1 ผลิตภัณฑ์ผนังบ้าน ของเทคนิค QFD



รูปที่ 5.4 แสดงตาราง HOQ เฟสที่ 3 โรงงาน PCF2 ผลิตภัณฑ์ผนังรั้วบ้านทาวน์เฮ้าส์ ของเทคนิค QFD

5.1.3 **การเลือกพิจารณากระบวนการย่อยเพื่อทำการปรับปรุง**

จากเทคนิค QFD ทางทีมงานวิจัยได้ทำการพิจารณาเลือกกระบวนการย่อยเพื่อนำมาทำการปรับปรุงก่อนดังนี้

โรงงาน PCF1 ในส่วนของผลิตภัณฑ์ผนังบ้าน เลือกกระบวนการไว้เบื้องต้น 3 กระบวนการคือ

- ติดตั้ง B/O, วงกบและวัสดุฝัง (ด้านล่าง) ด้วยค่าน้ำหนัก 335 คะแนน
- เทคอนกรีตและเขย่าคอนกรีต ด้วยค่าน้ำหนัก 216 คะแนน
- ขนส่งชิ้นงาน ด้วยค่าน้ำหนัก 175 คะแนน

จากกระบวนการทั้งสามเมื่อนำมาพิจารณาร่วมกับการเทียบเคียงกับคู่แข่งขันในส่วนของกระบวนการเทคอนกรีต+เขย่าคอนกรีต แม้จะมีระดับการเทียบเคียงที่สูงกว่าคู่แข่งขันในอุตสาหกรรมอยู่แล้วแต่ทางทีมงานต้องการเป็นผู้นำในกระบวนการนี้จึงได้เลือกมาเพื่อทำการปรับปรุงด้วย แต่สำหรับกระบวนการขนส่งชิ้นงานทางบริษัทกรณีศึกษาทำได้ดีกว่าของ LH แต่จะแย่กว่าของ LTD บ้าง และอยู่นอกขอบเขตงานวิจัยที่จะสามารถทำการปรับปรุงกระบวนการได้จึงยังไม่นำปัญหาดังกล่าวมาพิจารณาปรับปรุง

โรงงาน PCF2 ในส่วนของผลิตภัณฑ์รั้วบ้านทาวน์เฮ้าส์ เลือกกระบวนการไว้เบื้องต้น 6 กระบวนการคือ

- ประกอบแบบหล่อ ด้วยค่าน้ำหนัก 273 คะแนน
- การทำความสะอาดแบบหล่อ ด้วยค่าน้ำหนัก 196 คะแนน
- การทาน้ำยาทาแบบ ด้วยค่าน้ำหนัก 196 คะแนน
- การตรวจสอบก่อนการเทคอนกรีต ด้วยค่าน้ำหนัก 185 คะแนน
- การบ่มคอนกรีต ด้วยค่าน้ำหนัก 181 คะแนน
- การติดตั้งเหล็กเสริมและวัสดุฝัง ด้วยค่าน้ำหนัก 179 คะแนน

โดยสำหรับกระบวนการทั้งหมดของโรงงาน PCF2 เมื่อพิจารณาการเทียบเคียงแล้วทีมงานวิจัยเห็นสมควรนำมาทำการปรับปรุงทั้งหมด

เมื่อทราบถึงกระบวนการหลักแล้วก็นำไปทำการปรับปรุงโดยการใช้เทคนิค PFMEA ต่อไป

5.2 การประยุกต์ใช้เทคนิค PFMEA กับกรณีศึกษา

ในการประยุกต์ใช้เทคนิค PFMEA กับกรณีศึกษานี้จะเป็นการนำเสนอกระบวนการดำเนินการหลักที่จะทำการปรับปรุงก่อนเป็นลำดับแรกที่จะส่งผลต่อความต้องการของลูกค้าหรือข้อกำหนดทางเทคนิคของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากเทคนิค QFD มาทำการแยกงานออกเป็นกระบวนการย่อยแล้วระบุแนวโน้มข้อบกพร่องที่มีโอกาสเกิดขึ้นอันเนื่องมาจากกระบวนการดำเนินงานนั้นๆทั้งหมดว่ามีข้อบกพร่องอะไรบ้าง มาทำการค้นหาสาเหตุของการเกิดข้อบกพร่องโดยใช้แผนภาพก้างปลา (Cause and Effect Diagram) เพื่อค้นหาสาเหตุที่เป็นไปได้ทั้งหมด หลังจากได้สาเหตุที่เป็นไปได้ทั้งหมดจึงทำการคัดเลือกสาเหตุที่น่าจะเป็นสาเหตุที่แท้จริงและได้เกิดขึ้นอยู่ในปัจจุบันและมีแนวโน้มที่จะเกิดขึ้นได้ของข้อบกพร่องมาทำการปรับปรุงด้วยเทคนิค PFMEA

การประยุกต์ใช้เทคนิค PFMEA ของบริษัทกรณีศึกษาทางผู้วิจัยได้ทำการอธิบายถึงขั้นตอนของเทคนิค PFMEA ให้กับทางทีมงานวิจัยได้รับทราบเพื่อให้เกิดความเข้าใจในเบื้องต้นเกี่ยวกับเทคนิคนี้ หลังจากนั้นทำการจัดประชุมร่วมกันกับ ทีมงานวิจัย วิศวกร ช่างเทคนิค ที่เกี่ยวข้องเพื่อร่วมกันในการจัดทำเกณฑ์ประเมินสำหรับการหาค่าความเสี่ยงชี้นำ (Risk Priority Number) ร่วมกัน แล้วทำเป็นเกณฑ์การประเมินเฉพาะของทางบริษัทกรณีศึกษา ให้เหมาะสมตามสภาพปัญหาที่เกิดขึ้นและตามสถิติที่เคยมีการจัดเก็บเอาไว้

5.2.1 การจัดทำเกณฑ์การประเมินของบริษัทกรณีศึกษา

เกณฑ์การประเมินจะมีทั้งหมด 3 ชนิด คือ เกณฑ์การประเมินความรุนแรง (Severity), เกณฑ์การประเมินความถี่ในการเกิด (Occurrence) และเกณฑ์การประเมินความเป็นไปได้ในการตรวจพบ (Detection)

5.2.1.1 เกณฑ์การประเมินความรุนแรง (S: Severity)

จากผลิตภัณฑ์ของบริษัทกรณีศึกษาเป็นที่อยู่อาศัยที่ก่อสร้างจากผลิตภัณฑ์ชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป ดังนั้นความรุนแรงของการเกิดข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์ชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปก็จะส่งผลต่อความรุนแรงที่อาจเกิดขึ้นกับที่อยู่อาศัยที่ก่อสร้างด้วย

ดังนั้นในการทำเกณฑ์การประเมินความรุนแรงจะเป็นการพิจารณาถึงการนำไปใช้งานของผลิตภัณฑ์ชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปที่แตกต่างกัน โดยที่โรงงาน PCF1 จะเป็นการนำไปใช้ในการประกอบผลิตเป็นตัวอาคาร หรือส่วนประกอบหลักของอาคาร และมีการรับน้ำหนักหรือภาระ (Load) ต่างๆที่มีความสำคัญมากกว่าผลิตภัณฑ์จากโรงงาน PCF2 ซึ่งจะเป็นผลิตภัณฑ์ส่วนประกอบภายนอกที่ไม่มีการรับน้ำหนักหรือภาระ (Load) หรือถ้ามีก็ถือว่าน้อยมาก ทางผู้วิจัยจึงเสนอให้จัดทำเกณฑ์การประเมินความรุนแรงแยกเป็นเฉพาะสำหรับแต่ละโรงงาน เรียงลำดับค่าระดับความรุนแรงมากที่ระดับ 10 และความรุนแรงน้อยที่ระดับ 1 ดังจะได้เกณฑ์การประเมินความรุนแรงของบริษัทกรณีศึกษาในตารางที่ 5.5

ตารางที่ 5.5 เกณฑ์การประเมินความรุนแรง (S) สำหรับ PFMEA

ผลกระทบ	เกณฑ์: ความรุนแรงของผลกระทบการจัดระดับนี้จะใช้เมื่อแนวโน้มความล้มเหลวที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องต่อลูกค้าหรือในการผลิต/ประกอบของลูกค้ากรณีที่เกิดเหตุการณ์ได้ทั้ง 2 ลักษณะให้เลือกใช้ค่าความรุนแรงที่มากกว่า (ผลกระทบต่อลูกค้า)	เกณฑ์: ความรุนแรงของผลกระทบการจัดระดับนี้จะใช้เมื่อแนวโน้มความล้มเหลวที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องต่อลูกค้าหรือในการผลิต/ประกอบของลูกค้ากรณีที่เกิดเหตุการณ์ได้ทั้ง 2 ลักษณะให้เลือกใช้ค่าความรุนแรงที่มากกว่า (ผลกระทบต่อการผลิต/ประกอบ)	ระดับคะแนน
อันตรายร้ายแรงโดยไม่มีการเตือนล่วงหน้า	อันดับความรุนแรงสูงมาก เมื่อแนวโน้มความล้มเหลวส่งผลกระทบต่อความปลอดภัยและความแข็งแรงของตัวบ้านที่ประกอบ	หรืออาจส่งผลอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงาน (เครื่องจักร, การประกอบ) โดยไม่มีการเตือน	10
อันตรายร้ายแรงแต่มีการเตือนล่วงหน้า	อันดับความรุนแรงสูงมาก เมื่อแนวโน้มความล้มเหลวส่งผลกระทบต่อความปลอดภัยในการใช้งานของบ้านพักอาศัย และ/ หรือ ส่งผลต่อความแข็งแรงที่ต่ำกว่าการออกแบบไว้	หรืออาจส่งผลอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงาน (เครื่องจักร, การประกอบ) โดยมีการเตือน	9
สูงมาก	ความบกพร่องซึ่งทำให้ตัวบ้าน /ส่วนประกอบไม่สามารถประกอบ/ใช้งานได้ (สูญเสียความสามารถในการทำงานตามจุดประสงค์พื้นฐาน)	PCF2 : หรือ ชิ้นงานต้องถูกกำจัดทิ้ง หรือชิ้นงาน/ส่วนประกอบต้องถูกซ่อมแซมในโรงงานด้วยระยะเวลาตั้งแต่ 1 ชั่วโมงขึ้นไป หรือต้องซ่อมแซมภายนอกโรงงาน PCF1 : หรือ ชิ้นงานต้องถูกกำจัดทิ้ง หรือชิ้นงาน/ส่วนประกอบต้องถูกซ่อมแซมในโรงงานด้วยระยะเวลาตั้งแต่ 6 ชั่วโมงขึ้นไป	8

สูง	ความบกพร่องซึ่งทำให้ตัวบ้าน/ส่วนประกอบมีสมรรถนะการใช้งานที่ลดลง แต่ยังใช้งานได้ ทำให้ลูกค้าไม่พอใจอย่างมาก	PCF2 : หรือ ชิ้นงานต้องถูกกำจัดทิ้ง หรือ ชิ้นงาน/ส่วนประกอบต้องถูกซ่อมแซมในโรงงานด้วยระยะเวลาตั้งแต่ 30 นาทีขึ้นไป แต่ไม่ถึง 1 ชั่วโมง PCF1 : หรือ ชิ้นงานต้องถูกกำจัดทิ้ง หรือ ชิ้นงาน/ส่วนประกอบต้องถูกซ่อมแซมในโรงงานด้วยระยะเวลาตั้งแต่ 3 ชั่วโมงขึ้นไป แต่ไม่ถึง 6 ชั่วโมง	7
ปานกลาง	ความบกพร่องซึ่งชิ้นงาน/ส่วนประกอบทำงานได้ แต่ส่วนประกอบที่เกี่ยวกับความสวยงามไม่ได้ ทำให้ลูกค้าไม่พอใจ	PCF2 : หรือ ชิ้นงานต้องถูกกำจัดทิ้ง หรือ ชิ้นงาน/ส่วนประกอบต้องถูกซ่อมแซมในโรงงานด้วยระยะเวลาตั้งแต่ 20 นาทีขึ้นไป แต่ไม่ถึง 30 นาที PCF1 : หรือ ชิ้นงานต้องถูกกำจัดทิ้ง หรือ ชิ้นงาน/ส่วนประกอบต้องถูกซ่อมแซมในโรงงานด้วยระยะเวลาตั้งแต่ 1 ชั่วโมงขึ้นไป แต่ไม่ถึง 3 ชั่วโมง	6
ต่ำ	ความบกพร่องซึ่งชิ้นงาน/ส่วนประกอบทำงานได้ แต่ส่วนประกอบที่เกี่ยวกับความสวยงามลดลง แต่ใช้งานได้	PCF2 : หรือ ชิ้นงานต้องถูกกำจัดทิ้ง หรือ ชิ้นงาน/ส่วนประกอบต้องถูกซ่อมแซมในโรงงานด้วยระยะเวลาตั้งแต่ 10 นาทีขึ้นไป แต่ไม่ถึง 20 นาที PCF1 : หรือ ชิ้นงานต้องถูกกำจัดทิ้ง หรือ ชิ้นงาน/ส่วนประกอบต้องถูกซ่อมแซมในโรงงานด้วยระยะเวลาตั้งแต่ 30 นาทีขึ้นไป แต่ไม่ถึง 1 ชั่วโมง	5
ต่ำมาก	ส่วนประกอบมีความไม่สอดคล้องในด้านความพอดี, การตกแต่ง, ความสวยงาม ลูกค้าส่วนใหญ่ (มากกว่า75%) สังเกตได้	PCF2 : หรือ ชิ้นงาน/ส่วนประกอบต้องถูกซ่อมแซมในโรงงานด้วยระยะเวลาตั้งแต่ 5 นาทีขึ้นไป แต่ไม่ถึง 10 นาที PCF1 : หรือ ชิ้นงาน/ส่วนประกอบต้องถูกซ่อมแซมในโรงงานด้วยระยะเวลาตั้งแต่ 10 นาทีขึ้นไป แต่ไม่ถึง 30 นาที	4
เล็กน้อย	ส่วนประกอบมีความไม่สอดคล้องในด้านความพอดี, การตกแต่ง, ความสวยงาม ลูกค้าส่วนหนึ่ง (น้อยกว่า 50%) สังเกตได้	PCF2 : หรือ ชิ้นงาน/ส่วนประกอบต้องถูกซ่อมแซมในโรงงานด้วยระยะเวลาไม่เกิน 5 นาที PCF1 : หรือ ชิ้นงาน/ส่วนประกอบต้องถูกซ่อมแซมในโรงงานด้วยระยะเวลาไม่เกิน 10 นาที	3
เล็กน้อยมาก	ส่วนประกอบมีความไม่สอดคล้องในด้านความพอดี, การตกแต่ง, ความสวยงาม ลูกค้าส่วนน้อย (น้อยกว่า 25%) สังเกตได้	หรือ ชิ้นงาน/ส่วนประกอบต้องถูกเก็บรายละเอียดเล็กน้อยหรือให้ไปทำการซ่อมแซมเล็กน้อยที่หน้างานได้เลย	2
ไม่มีเลย	ไม่มีผลใดๆ	หรือ ชิ้นงาน/ส่วนประกอบต้องถูกเก็บรายละเอียดเล็กน้อย หรือไม่มีผลกระทบ	1

5.2.1.2 เกณฑ์การประเมินความถี่ในการเกิด (O: Occurrence)

ในการจัดทำเกณฑ์การประเมินความถี่ในการเกิดของบริษัทกรณีศึกษาจะเป็นการจัดแบ่งช่วงเกณฑ์ตั้งแต่ 1-10 ระดับโดยค่าของโอกาสในการเกิดที่เกิดขึ้นของข้อบกพร่องบริษัทกรณีศึกษาในช่วงต้นปี 2005 (ซึ่งเป็นปีที่โรงงานผลิตชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปได้เริ่มกระบวนการผลิต) จะมีมากถึง 35 เปอร์เซ็นต์ แต่หลังจากที่ได้ทำการปรับแต่งกระบวนการผลิตทำให้ปลายปี 2005 และปีถัดมามีโอกาสในการเกิดข้อบกพร่องที่ลดลงมาที่เฉลี่ยประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ และในการปรับปรุงกระบวนการผลิตในครั้งนี้ทางโรงงานคาดหวังว่าโอกาสในการเกิดข้อบกพร่องจะต้องควรมีไม่เกิน 10 เปอร์เซ็นต์ ทางทีมงานจึงได้จัดให้ระดับสูงที่สุดมีโอกาสในการเกิดข้อบกพร่องที่มากกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ ส่วนในระดับอื่นๆก็ไล่ระดับลงมาตามโอกาสที่เคยเกิดขึ้นซึ่งช่วงในการแบ่งแต่ละระดับจะไม่เท่ากัน และได้เกณฑ์การประเมินความถี่ในการเกิดของบริษัทกรณีศึกษาดังในตารางที่ 5.6

ตารางที่ 5.6 เกณฑ์ในการประเมินความถี่ในการเกิด (O) สำหรับ PFMEA

ความน่าจะเป็นของการเกิดความล้มเหลว	โอกาสการเกิด	ระดับ
สูงมาก : เกิดความล้มเหลวบ่อยมาก	> 10 ครั้ง ต่อ100 ชิ้นงาน / 10% ขึ้นไป > 7 ครั้ง ต่อ100 ชิ้นงาน / > 7 - 10 %	10 9
สูง : เกิดความล้มเหลวถี่มาก	> 5 ครั้ง ต่อ 100 ชิ้นงาน / > 5 - 7 % > 3 ครั้ง ต่อ 100 ชิ้นงาน / > 3 - 5 %	8 7
ปานกลาง : เกิดความล้มเหลวถี่	> 2 ครั้ง ต่อ 100 ชิ้นงาน / > 2 - 3 % > 1 ครั้ง ต่อ 100 ชิ้นงาน / > 1 - 2 % > 0.5 ครั้ง ต่อ 100 ชิ้นงาน / > 0.5 - 1 %	6 5 4
ต่ำ : เกิดความล้มเหลวน้อยครั้ง	> 0.2 ครั้ง ต่อ 100 ชิ้นงาน / > 0.2 - 0.5 % ≥ 0.1 ครั้ง ต่อ100 ชิ้นงาน / ≥ 0.1 - 0.2 %	3 2
แทบไม่เกิด : ความล้มเหลวไม่น่าจะเกิดขึ้นเลย	< 0.1 ครั้ง ต่อ 100 ชิ้นงาน / < 0.1 %	1

5.2.1.3 เกณฑ์การประเมินความเป็นไปได้ในการตรวจพบ (D: Detection)

การทำเกณฑ์การประเมินความเป็นไปได้ในการตรวจพบนี้จะแบ่งค่าคะแนนระดับสูงสุดเป็น 10 ต่ำสุดเป็น 1 เช่นเดียวกับเกณฑ์การประเมินอื่นๆ แต่สำหรับเกณฑ์ในการตรวจจับนี้ทางทีมงานต้องการให้การเลือกใส่ค่าของคะแนนระดับในการตรวจพบง่ายต่อการใส่ค่ามากยิ่งขึ้น จึงได้จัดแบ่งเป็นแค่ 5 ช่วง โดยแบ่งเป็น การตรวจพบสูงมาก (ตรวจพบได้ง่ายมาก) มีค่าระดับคะแนน 1, การตรวจพบสูง (ตรวจพบได้ง่าย) มีค่าระดับคะแนน 3, การตรวจพบปานกลาง มีค่าระดับคะแนน 5, การตรวจพบต่ำ (ตรวจพบได้ยาก) มีค่าระดับคะแนน 8 และแทบจะเป็นไปไม่ได้ในการตรวจพบ มีค่าระดับคะแนน 10 ดังเกณฑ์ในตารางที่ 5.7

ตารางที่ 5.7 เกณฑ์การประเมินความเป็นไปได้ในการตรวจพบ (D) สำหรับ PFMEA

การตรวจพบ	เกณฑ์	ประเภทของการตรวจพบ			การควบคุมที่ใช้เพื่อให้ตรวจพบ	ระดับ
		A	B	C		
แทบเป็นไปไม่ได้	ไม่สามารถตรวจพบได้ หรือเป็นไปได้ยากที่การควบคุมจะตรวจพบ			X	ไม่สามารถตรวจพบหรือไม่มีการตรวจ	10
ต่ำ	การควบคุมอาจตรวจพบได้ยาก		X	X	การควบคุมมีเพียงการสุ่มตรวจสอบด้วยสายตาเท่านั้น หรือต้องตรวจโดยการเทียบกับแบบอย่างละเอียด หรือจะพบเมื่อไม่สามารถแก้ไขได้	8
ปานกลาง	การควบคุมอาจตรวจพบได้		X		การควบคุมมีการใช้ใบตรวจสอบที่แนบมากับงานเพื่อตรวจสอบ ซึ่งต้องใช้ความสามารถเฉพาะตัวและความละเอียดในการตรวจสอบ	5
สูง	การควบคุมมีโอกาสสูงที่จะตรวจพบ	X	X		การควบคุมมีการใช้ใบตรวจสอบที่แนบมากับงานเพื่อตรวจสอบเท่านั้น	3
สูงมาก	การควบคุมค่อนข้างแน่นอนที่จะตรวจพบ	X			ตรวจพบข้อบกพร่องได้ในจุดปฏิบัติงาน (มีการใช้อุปกรณ์ช่วยในการตรวจสอบ) ซึ่งไม่สามารถที่จะส่งต่อชิ้นงานเสียได้	1

ชนิดของการตรวจสอบ

A = การตรวจสอบโดยผู้ปฏิบัติงาน

B = การตรวจสอบโดยช่างเทคนิค หรือหัวหน้าส่วนงาน หรือผู้มีประสบการณ์

C = การตรวจสอบโดยเจ้าหน้าที่ QC หรือ ต้องมีเครื่องมือเฉพาะในการตรวจจับ

5.2.2 การวิเคราะห์ข้อบกพร่อง แนวโน้มข้อบกพร่องและค้นหาสาเหตุของข้อบกพร่อง

หลังจากที่ได้เกณฑ์การประเมินสำหรับ PFMEA ของบริษัทกรณีศึกษาแล้ว ขั้นตอนต่อไปจะเป็นการนำกระบวนการหลักๆมาแยกเป็นกระบวนการย่อย ดังสรุปอยู่ในตารางที่ 5.8 และตารางที่ 5.9

ตารางที่ 5.8 แสดงกระบวนการหลักกระบวนการย่อยและลักษณะข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น โรงงาน PCF1

กระบวนการหลัก	กระบวนการย่อย	ลักษณะข้อบกพร่อง
ติดตั้ง B/O, วงกบและวัสดุฝัง (ด้านล่าง)	การเตรียม B/O	B/O ทำความสะอาดไม่ทั่วถึง
		ชุด B/O ไม่ครบ หรือผิดชุด
		ขอบยางไม่เรียบร้อย
	วาง B/O	ชุด B/O ไม่ถูกต้อง
		ชุดล็อกหลุด หรือไม่แน่น
	ติดตั้งวงกบ	วงกบบิ่น แตก โก่ง บิด
		ติดซิลิโคนไม่ทั่ว
	ติดตั้งวัสดุฝัง	ติดตั้งวัสดุฝังไม่ครบ
		ติดตั้งวัสดุฝังผิดตำแหน่ง
		วัสดุฝังหลุด
		ต้องแก้ไขวัสดุฝัง
		วัสดุฝังไม่ครบ
เทคอนกรีต+เขย่าคอนกรีต	การตรวจสอบก่อนเท	ไม่มีการทาน้ำยาทาแบบ หรือทาไม่ทั่ว
		วัสดุฝังไม่เรียบร้อย
		วัสดุฝังไม่ครบ
	การเทคอนกรีต	เหล็กเสริมไม่อยู่กลางแผ่น
		ผิดขนาดชิ้นงาน
	การเขย่าคอนกรีต	ผิดขนาดชิ้นงาน
		ฟองอากาศ

ตารางที่ 5.9 แสดงกระบวนการหลักกระบวนการย่อยและลักษณะข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น โรงงาน PCF2

กระบวนการหลัก	กระบวนการย่อย	ลักษณะข้อบกพร่อง
ประกอบแบบหล่อ	การประกอบแบบหล่อ	ความหนาของรั้วคอนกรีตมากเกิน (ไม่ได้ขนาด)
		เกิดการลึกของน้ำปูน
		ชิ้นงานบิดเบี้ยว ไม่ได้ขนาด
การทำความสะอาดแบบหล่อ	ทำความสะอาดซีลยาง	ซีลยางไม่สะอาดมีเศษปูนติด
		ซีลยางขาด หรือชำรุด
	ทำความสะอาด Key Joint.	Key Joint มีเศษปูนติดอยู่
	ทำความสะอาดผิวหน้าแบบหล่อ	ผิวหน้าไม่สะอาด
		ผิวหน้าไม่เรียบ
	ทำความสะอาดร่องบัว	ภายในร่องบัวมีเศษปูนติดอยู่
	ทำความสะอาดรูน็อตยึด	รูน็อตและบริเวณรอบๆมีเศษปูนติดอยู่
การทาน้ำยาทาแบบ	ตรวจสอบก่อนทาน้ำยาทาแบบ	มีเศษปูนติดอยู่ในแบบ หรือแบบหล่อไม่สะอาดเพียงพอ
	การทาน้ำยาทาแบบ	ทาน้ำยาทาแบบไม่ทั่วถึง
		ทาน้ำยาทาแบบเยิ้ม (มากเกินไป)
		การทาน้ำยาทาแบบออกนอกพื้นที่หล่อ (กรณีที่เป็นการหล่อไม่เต็มแบบ) ทำให้การล็อกแบบไม่แน่น
การตรวจสอบก่อนการเทคอนกรีต	การตรวจสอบก่อนการติดตั้งเหล็กเสริมและวัสดุฝัง	เหล็กเสริมที่ติดตั้งไม่อยู่ในแนวกลางของแบบหล่อ
		วัสดุฝังกับเหล็กเสริมที่ติดตั้งไม่แน่นหนา
	การตรวจสอบการประกอบแบบหล่อ	แบบหล่อประกบกันไม่สนิท
	เตรียมอุปกรณ์การเทคอนกรีต	เกิดฟองอากาศ

การบ่มคอนกรีต	การบ่มคอนกรีต	การแตก หรือบิ่น หรือความแข็งแรงของคอนกรีตไม่ได้ตามกำหนด
การติดตั้งเหล็กเสริมและวัสดุฝัง	เตรียมเหล็กเสริม	เหล็กเสริมเลื่อนผิดรูปร่าง
	การติดตั้งลูกปูน	ลูกปูนหลุด
	ติดตั้งเหล็กเสริมในเซลล์	เหล็กเสริมไม่อยู่แนวกลาง
	การประกอบหูยก	ไม่มียางหูยกประกอบอยู่

หลังจากที่ทราบถึงลักษณะข้อบกพร่องของแต่ละกระบวนการย่อยแล้วสามารถที่จะค้นหาสาเหตุของข้อบกพร่องด้วยการใช้แผนภาพก้างปลารวมถึงแนวโน้มข้อบกพร่องที่อาจจะเกิดขึ้นเพื่อพิจารณาสาเหตุที่เกิดจากคน(Man), เครื่องจักรและอุปกรณ์ (Machine or Equipment), วัสดุ (Material) และวิธีการ (Methods) ดังแสดงแผนภาพก้างปลาในภาคผนวก ก. และภาคผนวก ข. เมื่อได้สาเหตุจากแผนภาพก้างปลาทั้งหมดทางทีมงานก็ได้คัดเลือกสาเหตุหลักสำคัญเพื่อนำมาใส่ในแบบฟอร์มของ PFMEA เพื่อหาค่า RPN โดยลักษณะข้อบกพร่องต่างๆและสาเหตุของการเกิดข้อบกพร่องที่คัดเลือกมาแสดงในตารางที่ 5.10 และตารางที่ 5.11

ตารางที่ 5.10 แสดงลักษณะข้อบกพร่องและสาเหตุของแต่ละข้อบกพร่องของโรงงาน PCF1

ลักษณะข้อบกพร่อง	**สาเหตุของการเกิดข้อบกพร่อง**
B/O ทำความสะอาดไม่ทั่วถึง	การทำความสะอาดไม่ครบทุกด้านของ B/O
ชุด B/O ไม่ครบ หรือผิดชุด	การจัดเก็บ B/O ผิดที่ หรือจัดเก็บสลับชุดกัน
ขอบยางไม่เรียบร้อย	การใส่ขอบยางไม่เรียบร้อย หรือยางที่ใช้อยู่ไม่เหมาะสม
ชุด B/O ไม่ถูกต้อง	การจัดเก็บ B/O ไม่ถูกต้อง หรือไม่ได้ตรวจสอบก่อนนำ B/O มาติดตั้ง
ชุดล็อกหลุด หรือไม่แน่น	สภาพของแม่เหล็กชำรุด หรือไม่ถูกชนิด หรือไม่ได้ทำการกดแม่เหล็กล็อก
วงกบบิ่น แตก โก่ง บิด	วงกบที่นำมาใช้บิด โก่ง แตก เนื่องจากการจัดเก็บและการขนย้าย
ติดซิลิโคนไม่ทั่ว	ลืมติดซิลิโคน หรือติดซิลิโคนไม่ทั่ว
ติดตั้งวัสดุฝังไม่ครบ	การใส่ และติดตั้งวัสดุฝังไม่ครบตามแบบ
ติดตั้งวัสดุฝังผิดตำแหน่ง	การติดตั้งผิดตำแหน่งไปจากแบบ

วัสดุฝังหลุด	การติดกาวไม่แน่นหนา
ต้องแก้ไขวัสดุฝัง	การประกอบวัสดุฝังไม่ได้ขนาดตามที่ต้องการ
วัสดุฝังไม่ครบ	การตรวจสอบไม่เข้มงวดเพียงพอ
ไม่มีการทาน้ำยาทาแบบ หรือทาไม่ทั่ว	ความผิดพลาดของเครื่องจักร (ทาน้ำยาทาแบบ)
วัสดุฝังไม่เรียบร้อย	การติดตั้งไม่เรียบร้อย ไม่แน่นหนา
วัสดุฝังไม่ครบ	การติดตั้งไม่ครบตามจุดที่พล็อตมา
เหล็กเสริมไม่อยู่กลางแผ่น	ลูกปูนล้ม หรือการกดทับของคอนกรีตที่เทแล้วไม่มีการยกเหล็กเสริมให้อยู่ตรงกลาง
ผิดขนาดชิ้นงาน	เกิดการเลื่อนของ B/O, การล็อก B/O ไม่แน่นหนาเพียงพอ
	เกิดการเลื่อนของ Shuttering, การล็อก Shuttering ไม่แน่นหนาเพียงพอ
ผิดขนาดชิ้นงาน	เกิดการเลื่อนของ B/O, การล็อก B/O ไม่แน่นหนาเพียงพอ
	เกิดการเลื่อนของ Shuttering, การล็อก Shuttering ไม่แน่นหนาเพียงพอ
ฟองอากาศ	การเขย่าคอนกรีตไม่เพียงพอ หรือทำการเขย่าเมื่อคอนกรีตเริ่มเซ็ทตัว
	ค่า Slump จากการผสมคอนกรีตไม่ได้ตามสูตร

ตารางที่ 5.11 แสดงลักษณะข้อบกพร่องและสาเหตุของแต่ละข้อบกพร่องของโรงงาน PCF2

ลักษณะข้อบกพร่อง	**สาเหตุของการเกิดข้อบกพร่อง**
ความหนาของรั้วคอนกรีตมากเกิน (ไม่ได้ขนาด)	การประกอบแบบหล่อไม่สนิท แบบหล่อชำรุด สลักล็อกชำรุด
เกิดการลึกของน้ำปูน	การประกอบแบบไม่สนิท ,ไม่ได้ล็อกสลักล็อก , เกลียวเร่งล็อกไม่แน่น ,ซีลยางขาด
ชิ้นงานบิดเบี้ยว ไม่ได้ขนาด	ล็อก Key joint ไม่แน่นหนา , การติดตั้ง Key joint บิดเบี้ยวไม่ได้ฉาก
ซีลยางไม่สะอาดมีเศษปูนติด	การทำความสะอาดซีลยางไม่ทั่วถึง

ซีลยางขาด หรือชำรุด	ซีลยางหมดอายุ หรือซีลยางถูกของมีคมบาดขาด
Key Joint มีเศษปูนติดอยู่	การทำความสะอาดไม่เพียงพอ
ผิวหน้าไม่สะอาด	การทำความสะอาดไม่ดีเพียงพอ
ผิวหน้าไม่เรียบ	ผิวหน้าของแบบหล่อมีร่อง หรือเกิดรอยลึก
ภายในร่องบัวมีเศษปูนติดอยู่	การทำความสะอาดเข้าไม่ถึงมุมภายในของร่องบัว
รูน็อตและบริเวณรอบๆมีเศษปูนติดอยู่	การทำความสะอาดไม่ดีเพียงพอ หรือละเลยการทำความสะอาดเพราะคิดว่าไม่สำคัญ
มีเศษปูนติดอยู่ในแบบ หรือแบบหล่อไม่สะอาดเพียงพอ	ไม่ทำการตรวจสอบและให้ทำการแก้ไขก่อนทาน้ำยาทาแบบ
ทาน้ำยาทาแบบไม่ทั่วถึง	การทาน้ำยาทาแบบเข้าไม่ถึงขอบมุมด้านใน
ทาน้ำยาทาแบบเยิ้ม (มากเกินไป)	การทาน้ำยาทาแบบในปริมาณที่มากเกินไป และไม่มีการเช็ดแก้ไข
การทาน้ำยาทาแบบออกนอกพื้นที่หล่อ (กรณีที่เป็นการหล่อไม่เต็มแบบ) ทำให้การล็อกแบบไม่แน่น	พนักงานไม่ทราบถึงขนาดของแบบที่จะหล่อก่อนทาน้ำยา หรือพนักงานไม่มีความรู้ในการอ่านแบบหล่อ
เหล็กเสริมที่ติดตั้งไม่อยู่ในแนวกลางของแบบหล่อ	การติดตั้งเหล็กเสริมไม่ถูกต้อง หรือการติดตั้งไม่แน่นหนา
วัสดุฝังกับเหล็กเสริมที่ติดตั้งไม่แน่นหนา	การผูกเหล็กเสริมกับวัสดุฝังไม่แน่นหนา หรือไม่มีการผูกเหล็กในบางจุด
แบบหล่อประกบกันไม่สนิท	การประกอบแบบหล่อไม่แนบสนิทเนื่องจากในการประกอบไม่มีการตรวจเช็คความเรียบร้อยว่าแบบหล่อได้ประกบกันแน่นแล้ว
	มีเศษปูน หรือวัสดุไปขัดขวางการประกบแบบหล่อ
เกิดฟองอากาศ	อุปกรณ์ที่ใช้เทคอนกรีตไม่เหมาะสม ทำให้การเทลำบากและคอนกรีตเกิดการแยกตัว
	เครื่องจี้มีความยาวไม่เพียงพอ หรือจำนวนเครื่องไม่เพียงพอกับการใช้งาน
การแตก หรือบิ่น หรือความแข็งแรงของคอนกรีตไม่ได้ตามกำหนด	การบ่มคอนกรีตน้อยกว่า 8 ชั่วโมง (ซึ่งเป็นมาตรฐานการบ่มของทางบริษัท) แล้วทำการถอดแบบหล่อออกก่อนเวลาบ่มคอนกรีตดังกล่าว

เหล็กเสริมเลื่อนผิดรูปร่าง	การผูกเหล็กเสริมด้วยลวดไม่แน่น
ลูกปูนหลุด	ช่องสำหรับใส่ลูกปูนมีขนาดใหญ่มากเกินไปทำให้การติดตั้งแล้วสามารถหลุดออกได้ง่าย
เหล็กเสริมไม่อยู่แนวกลาง	การติดตั้งไม่ถูกต้อง , ลูกปูนเอียง , การติดตั้งลูกปูนไม่เพียงพอ (กรณี vary)
ไม่มียางหูยกประกอบอยู่	ยางหูยกไม่ได้ติดตั้ง , ติดตั้งแล้วยางหูยกหลุดออก

5.2.3 การให้ค่าคะแนนความรุนแรง (S), ความถี่ในการเกิด (O) และความเป็นไปได้ในการตรวจพบ (D) เพื่อคำนวณหาค่าความเสี่ยงชี้นำ (RPN)

หลังจากได้แนวโน้มข้อบกพร่อง ข้อบกพร่องและสาเหตุของการเกิดข้อบกพร่องของกระบวนการแล้ว ทีมงานจึงจัดประชุมเพื่อทำการร่วมกันให้ค่าคะแนนความรุนแรง (S), ความถี่ในการเกิด (O), ความเป็นไปได้ในการตรวจพบ (D) ตามเกณฑ์ที่ได้จัดทำไว้

5.2.3.1 ในส่วนของการให้ระดับคะแนน S, O, D ของโรงงาน PCF1 มีดังนี้

การทำความสะอาดของกระบวนการเตรียม Block Out (B/O) ถ้าทำความสะอาดไม่ทั่วถึง จะทำให้เกิดความไม่สวยงามต่อชิ้นงานที่ผลิตได้ ซึ่งจะตรงกับค่า S ที่ระดับ 5 มีโอกาสในการเกิดข้อบกพร่องของการทำความสะอาดไม่ทั่วถึงมากกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ จากการเก็บข้อมูลในอดีตตรงกับค่า O ที่ระดับ 10 และความสามารถตรวจจับความผิดพลาดได้ด้วยตัวของผู้ปฏิบัติงานเองตรงกับค่า D ที่ระดับ 3

การจัดเก็บ B/O ไม่ตรงกับตำแหน่งจัดเก็บหรือจัดเก็บสลับชุดกันจะทำให้ชิ้นงานเกิดการบิดเบี้ยวและต้องทำการแก้ไขตรงกับค่า S ที่ระดับ 7 มีโอกาสในการเกิดการสลับชุดกันที่ประมาณ 2-3 ครั้งใน 1 กะการทำงานซึ่งใน 1 กะการทำงานจะมีการผลิตเฉลี่ยประมาณ 200 ชิ้นงาน จึงตรงกับค่า O ที่ระดับ 5 แต่การตรวจจับจะทำได้ดี ตรงกับระดับ 3

ขอบของยางกันน้ำคอนกรีตที่ไม่เรียบร้อยจะทำให้เกิดการลึกของน้ำคอนกรีตและเกิดความสกปรกกับโต๊ะหล่อ จะทำให้ส่วนประกอบอื่นเกิดความสกปรกตรงกับความรุนแรงที่ระดับ 5 และมีโอกาสในการหลุดของขอบซีลยางสูงเพราะขอบของซีลยางกับร่องที่ใส่จะไม่ค่อยแน่นและกาวที่ติดไว้ก็หลุดออกได้ง่าย เกิดการหลุดมากกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ในการใช้งานตรงกับค่า O ที่ระดับ 10 แต่สามารถตรวจพบได้โดยพนักงานปฏิบัติงานเอง ตรงกับค่า D ที่ระดับ 3

การจัดเก็บชุด B/O ไม่ถูกต้อง แล้วนำชุด B/O ที่ไม่ถูกต้องนั้นมาติดตั้งโดยที่ไม่ได้ทำการแก้ไขจะทำให้เกิดความรุนแรง โอกาสในการเกิด และการตรวจจับที่ระดับเดียวกันกับการจัดเก็บ B/O ไม่ถูกต้อง คือที่ S เท่ากับ 7, O เท่ากับ 5 และ D เท่ากับ 3

ชุดล็อกของ B/O หลุด หรือล็อก B/O ไม่แน่นหนาจะทำให้เกิดการเลื่อนของ B/O ทำให้ชิ้นงานที่ได้ผิดขนาดต้องทำการแก้ไขซ่อมแซมตรงกับค่าความรุนแรงระดับ 7 มีโอกาสในการเกิดขึ้นของข้อบกพร่อง 4-5 เปอร์เซ็นต์ จากการประมาณค่าการทำงานในปัจจุบัน และการตรวจจับจะตรวจพบในกระบวนการได้ แต่ยังคงมีโอกาสในการที่ชิ้นงานจะหลุดผ่านไปยังกระบวนการถัดไปได้ ตรงกับค่า D ที่ระดับ 5

การติดตั้งวงกบที่พบว่าวงกบบิ่น แตก โก่ง งอ จะทำให้ความสวยงามขาดหายไป และเมื่อประกอบบานหน้าต่างหรือประตูจะต้องทำการแก้ไขที่หน้างาน จึงมีระดับความรุนแรงที่ระดับ 7 และมีโอกาสในการเกิดวงกบ บิ่น แตก โก่ง หรืองอมากถึง 2 เปอร์เซ็นต์ ตรงดับค่า O ที่ระดับ 5 สามารถตรวจพบได้ด้วยผู้ที่มีประสบการณ์จะสังเกตเห็นได้ทันที ตรงกับค่า D ที่ระดับ 5

การติดกาวซิลิโคนของขอบวงกบไม่ทั่วถึง หรือลืมติดกาวจะทำให้เกิดการลึกของคอนกรีตเกิดความสกปรกทำให้ความสวยงามลดลง ตรงกับค่า S ที่ระดับ 5 โอกาสในการเกิดประมาณ 1 เปอร์เซ็นต์ ตรงกับค่า O ที่ระดับ 5 แต่สามารถตรวจสอบได้ง่ายตรงกับค่า D ที่ระดับ 3

กระบวนการติดตั้งวัสดุฝังแล้วเกิดวัสดุฝังหลุด ไม่ตรงตำแหน่ง วัสดุฝังจมหายในเนื้อคอนกรีต ทำให้ต้องทำการแก้ไข ถ้าไม่ทำการแก้ไขจะทำให้ชิ้นงานนั้นไม่สามารถใช้งานได้ ต้องทำการแก้ไขและใช้เวลาในการแก้ไขไม่น้อยกว่า 6 ชั่วโมง (การแก้ไขเมื่อคอนกรีตเซ็ทตัวสมบูรณ์แล้ว) แล้วแต่กรณี ทำให้ค่าความรุนแรงของกระบวนการติดตั้งวัสดุฝังตรงกับระดับ 8 โดยที่โอกาสในการเกิดการใส่วัดุฝังไม่ครบตามแบบจะมากที่สุดที่ประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ ตรงกับระดับ 7 ติดตั้งไม่ตรงตำแหน่งและไม่ได้รับการตรวจสอบมีโอกาสในการเกิดขึ้น 3 เปอร์เซ็นต์ ตรงกับระดับ 6 และเกิดจากการติดตั้งแล้วหลุดหรือติดตั้งวัสดุฝังผิดขนาดเกิดขึ้น 1-2 เปอร์เซ็นต์ ตรงกับระดับ 5 ในการตรวจจับการติดตั้งวัสดุฝังผิดขนาดจะตรวจจับได้ง่ายที่สุด ด้วยพนักงานปฏิบัติงานเอง ตรงกับระดับ 3 และการติดตั้งไม่ครบหรือผิดไปจากตำแหน่งทางช่างเทคนิคหรือพนักงานที่มีประสบการณ์สามารถที่จะตรวจพบได้ ตรงกับระดับ 5 แต่การติดกาวไม่แน่นและการตรวจสอบไม่เข้มงวด จะทำให้การตรวจจับได้เป็นไปได้ยาก ตรงกับระดับ 8

กระบวนการตรวจสอบก่อนการเทคอนกรีตเมื่อไม่มีการทาน้ำยาทาแบบมาจะทำให้ชิ้นงานติดกับโต๊ะหล่อ และการยกชิ้นงาน (Tilting) ไม่สามารถทำได้ หรือทำได้ยาก มีอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงาน ชิ้นงานอาจได้รับความเสียหาย เกิดรอยร้าว แตก ตรงกับความรุนแรงระดับ 9 แต่โอกาสในการเกิดมีน้อยมากเพราะเป็นกระบวนการทาแบบอัตโนมัติและถ้าไม่มีการทาน้ำยาทาแบบออกมากระบวนการผลิตถัดไปจะสามารถสังเกตเห็นได้ทันทีโดยง่าย ดังนั้นค่า O และ D ตรงกับระดับ 1

การตรวจสอบการติดตั้งวัสดุฝังในกรณีวัสดุฝังไม่เรียบร้อย ความรุนแรงมากและส่งผลให้ใช้งานไม่ได้ ความสวยงามลดลงเมื่อต้องแก้ไขงาน ตรงกับระดับ 7 มีโอกาสในการเกิดประมาณ 2.5 เปอร์เซ็นต์ ตรงกับระดับ 6 และสามารถตรวจจับได้ด้วยช่างเทคนิคที่ปฏิบัติงาน ตรงกับหมายเลข 5 แต่ถ้าวัสดุฝังไม่ครบค่าความรุนแรงจะตรงกับหมายเลข 8 ดังที่ได้อธิบายความรุนแรงไปแล้วข้างต้น แต่โอกาสในการเกิดข้อบกพร่องไม่เกิน 2 เปอร์เซ็นต์ ตรงกับระดับ 5 และก็สามารถตรวจพบได้ในระดับปานกลาง ตรงกับระดับ 5

กระบวนการเทคอนกรีตจะเกิดข้อบกพร่องที่เหล็กเสริมไม่อยู่ในแนวกลางของชิ้นงานคอนกรีต และถ้าเหล็กเสริมอยู่ริมก็จะทำให้เหล็กเสริมเกิดสนิมขึ้นได้เมื่อนำไปใช้งานแล้วถูกความชื้นสูงๆและจะทำให้คอนกรีตร่อนแตก โดยเกิดจากการที่คอนกรีตกดทับเหล็กเสริมและลูกปูนเกิดการล้ม ตรงกับค่าความรุนแรงระดับ 6 แต่มีโอกาสในการเกิดน้อยมาก ตรงกับระดับ 2 โดยที่เมื่อทำการเทคอนกรีตจนทั่วแล้วจะไม่สามารถตรวจสอบได้เลยว่าเหล็กเสริมอยู่แนวกลางแผ่นหรือไม่ แต่พนักงานเทคอนกรีตหรือช่างเทคนิคที่ควบคุมสามารถตรวจพบได้ในขณะทำการเทคอนกรีตซึ่งต้องทำการเทคอนกรีตและสังเกตเหล็กเสริมไปด้วย ตรงกับระดับ 8

การผิดขนาดชิ้นงานอันเนื่องมาจากการเลื่อนของ B/O และ Shuttering ในกระบวนการเทคอนกรีตจะทำให้เกิดชิ้นงานผิดขนาด ต้องทำการแก้ไขภายหลังและต้องใช้เวลาและค่าใช้จ่ายที่สูง มีระดับความรุนแรงที่ระดับ 8 และโอกาสในการเกิดขึ้นของข้อบกพร่องดังกล่าวจะเกิดขึ้นที่ประมาณ 2 เปอร์เซ็นต์ ตรงกับค่า O ที่ระดับ 5 แต่ในเรื่องของการตรวจจับการเลื่อนของ Shuttering จะตรวจจับได้ง่ายกว่าของกรณี B/O เลื่อนเพราะอยู่ขอบชิ้นงาน แต่ก็ยังคงต้องใช้ผู้มีประสบการณ์ในการตรวจสอบ การตรวจจับเท่ากับระดับ 5 ส่วนของ B/O ที่เลื่อนถ้าเป็นการเลื่อนน้อยก็จะยิ่งตรวจจับได้ยากเพราะจะอยู่ภายในชิ้นงาน จะต้องทำการวัดอ้างอิงกับระดับทั้ง 4 ทิศทาง จึงทำให้การตรวจจับตรงกับค่าระดับ 8

กระบวนการเขย่าคอนกรีตเป็นกระบวนการที่เขย่าเพื่อทำการไล่ฟองอากาศภายในและที่ผิวหน้างานคอนกรีตออกหลังจากการเทคอนกรีตเสร็จเรียบร้อยแล้ว แต่การเขย่าคอนกรีตนี้เองก็เป็นการทำให้ชิ้นงานที่ได้ผิดขนาดจากการเลื่อนของ B/O และ Shuttering เช่นเดียวกับกระบวนการเทคอนกรีต แล้ว B/O หรือ Shuttering เลื่อนจากการสั่นสะเทือนความถี่สูง โดยจะมีค่าความรุนแรงและค่าระดับการตรวจจับได้เท่ากันกับกระบวนการดังกล่าวคือ 8 และ 5 ตามลำดับ แต่โอกาสในการเกิดการผิดขนาดจากกระบวนการนี้จะเกิดขึ้นได้มากกว่าและก็เกิดขึ้นมากกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ ในการทำงานปัจจุบัน ตรงกับค่า O ระดับ 10

ส่วนฟองอากาศที่เกิดขึ้นจะทำให้เกิดความไม่สวยงามที่ผิวชิ้นงานคอนกรีต ตรงกับระดับ 4 โดยเกิดจากการเขย่าคอนกรีตไม่เพียงพอ และโอกาสในการเกิดจากสาเหตุนี้ไม่มากนักและคาดว่าน่าจะเกิดขึ้นไม่เกิน 5 ครั้งในการทำงาน 1,000 ครั้งซึ่งตรงกับระดับ 3 แต่จะเกิดจากการที่ค่าของ Slump ของคอนกรีตที่ได้มาจากโรงผสมมีค่าไม่ตรงกับสูตรของคอนกรีตที่ทำการสั่งหรือออกแบบไว้มีค่ามากกว่าและมากถึง 3 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งตรงกับระดับ 6 เช่นเดียวกันในการตรวจจับถ้ายังคงมีฟองอากาศลอยขึ้นมายังผิวด้านบนอยู่พนักงานสามารถมองเห็นได้ด้วยสายตาและสามารถทำการเขย่าคอนกรีตเพิ่มเติมได้โดยการบังคับแบบใช้มือ (Manual) ตรงกับหมายเลข 3 แต่ถ้าเกิดจากค่า Slump ผิดพลาดจะต้องมีการวัด Slump โดยตรวจเช็คด้วยชุดอุปกรณ์วัดค่า Slump ซึ่งต้องใช้เวลาที่มากในการตรวจวัด แต่ช่างเทคนิคที่มีความชำนาญและมีประสบการณ์จะสามารถสังเกตถึงความข้นเหลวได้อย่างคร่าวๆได้ ตรงกับหมายเลข 5

5.2.3.2 ส่วนของการให้ระดับคะแนน S, O, D ของโรงงาน PCF2 ดังต่อไปนี้

ในกระบวนการทำความสะอาดแบบหล่อจะมีการทำความสะอาดซีลยาง ซึ่งข้อบกพร่องคือที่ซีลยางมีเศษคอนกรีตติดอยู่เนื่องจากการทำความสะอาดไม่ทั่วถึงซึ่งคอนกรีตที่ติดที่ซีลยางจะเป็นเศษคอนกรีตขนาดเล็ก จะไม่ส่งผลต่อชิ้นงานมากนักตรงกับค่าความรุนแรงระดับ 2 แต่มีโอกาสเกิดขึ้นได้สูงประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ตรงกับค่า O ในระดับ 7 และการตรวจจับได้จะยังไม่มีการบังคับใน WI เพื่อให้ทำความสะอาดซีลยาง แต่เป็นเพียงการทำความสะอาดโดยรวมเท่านั้นจึงตรงกับระดับ 8 ส่วนข้อบกพร่องซีลยางชำรุดหรือขาดแล้วไม่ทำการแก้ไขจะทำให้เกิดการลึกของน้ำคอนกรีตและอาจจะทำให้ผิดขนาดในด้านความหนาชิ้นงานได้ด้วย ระดับความรุนแรงจึงสูงที่ระดับ 7 และมีโอกาสในการเกิดขึ้นได้มากเพราะพนักงานจะไม่ทำการแก้ไขหรือเปลี่ยนก่อนการใช้งาน ตรงกับค่า O ที่ระดับ 6 และการตรวจสอบจะเป็นลักษณะการสุ่มตรวจสอบตามระยะเวลาเช็คแบบหล่อเท่านั้น จึงตรงกับค่า D ที่ระดับ 8

การทำความสะอาด Key Joint ถ้าไม่ทำความสะอาดหรือทำความสะอาดไม่ดีจะทำให้เศษปูนที่ติดอยู่บน Key Joint ไปทำให้ชิ้นงานบิ่นหรือเบี้ยวได้ เกิดความไม่สวยงามแต่จะยังคงใช้งานได้ ตรงกับค่า S ที่ระดับ 5 มีโอกาสในการเกิดสูงเนื่องจากการเร่งงานและละเลยการทำความสะอาดที่ดีพอของพนักงาน ตรงกับค่า O ที่ระดับ 7 และการตรวจจับเป็นการตรวจโดยการสุ่มตรวจเท่านั้น ตรงกับค่า D ที่ระดับ 8

การทำความสะอาดผิวหน้าแบบหล่อจะมีข้อบกพร่องคือผิวหน้าชิ้นงานไม่เรียบกับผิวหน้าไม่สะอาด ผิวหน้าไม่เรียบจากแบบหล่อผิวหน้าเสียหาย ซึ่งจะทำให้ชิ้นงานที่หล่อออกมาไม่เรียบ เกิดตำหนิต่างๆ ไม่สวยงาม ตรงกับความรุนแรงในระดับ 4 แต่ถ้าผิวหน้าไม่สะอาดจะต้องทำการเก็บรายละเอียดเล็กน้อยหรืออาจจะไม่ต้องเก็บรายละเอียดก็ได้ ตรงกับค่า S ในระดับ 1 ทั้งสองข้อบกพร่องมีโอกาสในการเกิดได้เท่าๆกันที่ประมาณ 3 เปอร์เซ็นต์ ตรงกับค่า O ที่ระดับ 6 แต่การตรวจจับจะตรวจจับได้ค่อนข้างยาก เพราะจะมีเพียงการเข้าไปทำการตรวจสอบดูอย่างละเอียดจึงจะพบได้ตรงกับค่า D ที่ระดับ 8

การทำความสะอาดร่องบัวและรูน็อตถ้าทำความสะอาดไม่ดีจะทำให้ร่องบัวของชิ้นงานที่หล่อหรือขอบของชิ้นงานไม่สวยงามต้องทำการเก็บรายละเอียด ตรงกับค่า S ที่ระดับ 6 ส่วนของรูน็อตและบริเวณรอบรูน็อตถ้าไม่ได้ทำความสะอาด การประกอบแบบก็จะทำให้ละเลยการประกอบน็อตตัวนั้นๆ เพราะคิดว่าไม่มีความสำคัญแต่ ก็ส่งผลกระทบกับงานไม่มาก ตรงกับค่า S ที่ระดับ 2 โดยโอกาสในการเกิดขึ้นมากกว่า 5 เปอร์เซ็นต์ จากสถิติที่เก็บไว้ ตรงกับค่า O ที่ระดับ 8 การตรวจสอบจะเป็นเพียงการสุ่มตรวจจากช่างเทคนิคที่ควบคุมงานเท่านั้น จึงถือว่าจะตรวจพบได้ยาก ตรงกับค่า D ที่ระดับ 8

กระบวนการทาน้ำยาทาแบบ จะมีกระบวนการตรวจสอบก่อนการทาน้ำยาทาแบบโดยพนักงานทาน้ำยาทาแบบเองและถ้าไม่ได้ทำการตรวจสอบก่อนการทาน้ำยาทาแบบจะทำให้การทาน้ำยาไม่เป็นฟิล์มบางและเกิดความสกปรกกับแปรงทาและน้ำยาทาแบบ ตรงกับค่าความรุนแรงระดับ 4 มีโอกาสในการที่จะไม่ทำการตรวจสอบก่อนการทาน้ำยาทาแบบตรงกับค่า O ที่ระดับ 3 และในการตรวจพบก็สามารถตรวจพบได้ง่าย ตรงกับค่า D ที่ระดับ 3

ในกระบวนการทาน้ำยาทาแบบจะเกิดข้อบกพร่องได้ 3 ข้อ คือ การทาน้ำยาทาแบบไม่ทั่วแบบหล่อ, ทาน้ำยาทาแบบมากเกินไป (เยิ้ม) และการทาน้ำยาทาแบบออกนอกพื้นที่ที่จะทำการหล่อในกรณีการหล่อแบบ vary โดยการทาน้ำยาทาแบบไม่ทั่วถึงจะทำให้เกิดผิวหน้าชิ้นงาน

ขรุขระหรือขอบมุมแตกร้าวหลุดออกจะต้องทำการซ่อมแซม ตรงกับค่า S ที่ระดับ 6 แต่ถ้าทาน้ำยาทาแบบเยิ้มมากเกินไปจะทำให้เกิดผิวหน้าด่าง ตรงกับค่า S ที่ระดับ 4 ส่วนถ้าทาน้ำยาทาแบบออกนอกพื้นที่ในกรณีหล่อไม่เต็ม (vary) จะทำให้ชุดล็อกเกิดการเลื่อนได้ง่ายกว่าปกติและชิ้นงานจะเกิดการเอียงหรือผิดขนาด ตรงกับค่า S ที่ระดับ 7 โดยที่โอกาสในการเกิดข้อบกพร่องของการทาน้ำยาทาแบบไม่ทั่วถึงจะอยู่ที่ประมาณ 3 เปอร์เซ็นต์ แต่การทาน้ำยาทาแบบเยิ้มมากเกินไปจะมีโอกาสในการเกิดขึ้นได้น้อยกว่า ตรงกับค่า O ที่ระดับ 6 และ 5 ตามลำดับ ส่วนการทาออกนอกพื้นที่หล่อจะมีการผลิตที่น้อยโอกาสในการเกิดก็จะน้อยตามไปด้วย และโอกาสในการเกิดอยู่ในระดับ 3 ในเรื่องของการตรวจจับข้อบกพร่องการที่ทาน้ำยาทาแบบไม่ทั่วถึงจะตรวจสอบได้ยาก เพราะต้องทำการสุ่มเข้าไปตรวจสอบและต้องทำการตรวจสอบอย่างละเอียดทุกจุด จึงถือว่าจะตรวจจับได้ยาก ตรงกับค่า D ที่ระดับ 8 ในกรณีของการทาเยิ้มจะสามารถมองเห็นได้จากภายนอกแบบหล่อจึงตรวจพบได้ง่าย ตรงกับค่า D ที่ระดับ 3 และกรณี vary จะไม่มีการตรวจสอบในเรื่องดังกล่าวเพราะตรวจสอบยากและไม่มี WI กำกับให้ทำการตรวจสอบ จึงมีค่า D ที่ระดับ 10

กระบวนการประกอบแบบหล่อ จะมีการติดตั้ง Key Joint กรณี vary, การประกอบแบบหล่อและการล็อกแบบหล่อ การติดตั้ง Key Joint ถ้าทำการติดตั้งไม่แน่นหนาเมื่อทำการประกอบแบบหล่อแล้วเทคอนกรีตจะเกิดการเลื่อนของ Key Joint ทำให้ชิ้นงานเกิดการเอียงได้และต้องทำการแก้ไขชิ้นงาน ตรงกับค่า S ที่ระดับ 6 มีโอกาสในการเกิดขึ้นได้ค่อนข้างน้อยเพราะจำนวนชุดล็อกมีการติดตั้งไว้หลายตัว ตรงกับค่า O ที่ระดับ 2 แต่ในการตรวจจับจะทำได้ยากต้องใช้ผู้มีประสบการณ์ทำการตรวจสอบแนวที่ละชุดและการตรวจสอบทำได้ยาก เนื่องจากมีการประกอบแบบหล่อไปแล้วจึงจะตรวจสอบได้ ตรงกับค่า D ที่ระดับ 8

การประกอบแบบหล่อจะต้องทำการประกอบแบบหล่อให้สนิท ไม่เช่นนั้นจะเกิดการลึกของน้ำคอนกรีต เกิดเป็นครีบคอนกรีตตรงช่องประกบ จะต้องทำการซ่อมแซมโดยการกระเทาะครีบดังกล่าวออก ทำให้ต้องเสียเวลา ชิ้นงานคอนกรีตที่ได้ก็ผิดขนาด และสูญเสียต้นทุนคอนกรีต ตรงกับค่า S ที่ระดับ 5 และมีโอกาสการเกิดครีบได้มากถึง 5 เปอร์เซ็นต์ ตรงกับค่า O ที่ระดับ 8 การตรวจพบสามารถมองเห็นได้ด้วยตา แต่พนักงานจะละเลยการตรวจสอบและแก้ไขก่อนจึงมีค่า D ที่ระดับ 8 และในทำนองเดียวกันการที่ไม่ทำการ ล็อกอุปกรณ์ล็อกแบบหล่อหลังจากทำการประกอบแบบเสร็จหรือทำการล็อกอุปกรณ์ล็อกแบบไม่ครบถ้วน เมื่อทำการเทคอนกรีตลงไปจะทำให้แบบหล่อเกิดการอ้าออก ทำให้เกิดการลึก และความหนาผิดขนาด ความรุนแรงจึงอยู่ที่ระดับ 8 และมีโอกาสเกิดขึ้นได้สูงเพราะการละเลยของพนักงานปฏิบัติงานซึ่งคิดว่าไม่สำคัญและ

เสียเวลา โอกาสในการเกิดอยู่ที่ประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ ตรงกับค่า O ที่ระดับ 9 การตรวจจับสังเกตได้ง่าย แต่ก็ยังคงไม่มีความสนใจในการตรวจจับและแก้ไข ค่า D จึงตรงกับระดับ 8

กระบวนการติดตั้งเหล็กเสริมและประกอบวัสดุฝัง จะมีกระบวนการเตรียมเหล็กเสริมอยู่ในส่วนของแผนกเตรียมเหล็กเสริม ซึ่งถ้าทำการผูกมัดเหล็กเสริมที่เตรียมไว้ไม่ดีหรือแน่นหนาพอ ในระหว่างการขนย้ายเหล็กเสริมมาที่แบบหล่อจะเกิดการเลื่อนเสียรูปร่าง ต้องทำการดัดใหม่ แม้จะทำการดัดแล้วแต่เหล็กเสริมก็จะคงความโค้งบิดงออยู่ และส่งผลต่อกระบวนการผลิตที่จะทำให้การผลิตยากขึ้น จึงมีค่า S ที่ระดับ 9 แต่โอกาสในการเกิดมีน้อยไม่ถึง 1 เปอร์เซ็นต์ ตรงกับค่า O ที่ระดับ 3 การตรวจจับจะสังเกตได้โดยผู้มีประสบการณ์ ตรงกับค่า D ที่ระดับ 5

การติดตั้งลูกปูนถ้าไม่ได้ทำการติดตั้งเลยจะทำให้เหล็กเสริมไม่อยู่แนวกลางของชิ้นงานคอนกรีตและอาจจะทำให้เกิดสนิมของเหล็กเสริมเมื่อนำชิ้นงานนั้นไปใช้งานประกอบเป็นบ้านเนื่องจากความชื้น โดยที่กระบวนการนี้ได้มี WI กำกับบอกไว้แต่ก็ยังคงมีการละเลยการปฏิบัติงานอยู่บ้าง แต่ในกระบวนการนี้จะขอพิจารณาในเรื่องของการติดตั้งลูกปูนไปแล้วแต่ลูกปูนก็ยังคงหลุดออกมาได้ เนื่องจากไม่มีการมัดลวดติดไว้ (ในการออกแบบลูกปูนจะใช้ได้กับเหล็กเส้นที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางสูงสุด 1 cm.) จะทำให้เหล็กเสริมไม่อยู่แนวกลางตลอดของชิ้นงาน โดยมาตรฐานนั้นการติดลูกปูนของโรงงานถือว่ามากกว่ามาตรฐานอยู่แล้วเมื่อเกิดการหลุดในจุดที่ไม่ติดกันจะเกิดความรุนแรงไม่มากนัก และจะไม่ส่งผลกับชิ้นงาน ดังนั้นความรุนแรงจึงตรงกับระดับ 2 เท่านั้น โอกาสในการเกิดการหลุดของลูกปูนมีประมาณ 3 เปอร์เซ็นต์ ตรงกับระดับ 6 และอาจจะตรวจพบได้หลังจากที่ใส่เหล็กเสริมลงไปในแบบหล่อแล้ว ตรงกับค่า D ที่ระดับ 5 และเช่นกันแม้จะมีการใส่ลูกปูนที่ครบถ้าการติดตั้งไม่อยู่แนวกลางแล้ว ลูกปูนก็จะไม่ช่วยอะไรได้มากนักดังนั้นในการติดตั้งถือเป็นกระบวนการที่สำคัญ ความรุนแรงที่เกิดจากการติดตั้งจึงสูงกว่าตรงกับระดับ 6 โอกาสในการเกิดการติดตั้งเอียงเท่ากับการเกิดในกรณีลูกปูนหลุดตรงกับระดับ 6 ในการตรวจจับช่างเทคนิคจะใช้เพียงการสุ่มตรวจดูเท่านั้น ดังนั้นในการตรวจจับจึงเป็นไปได้ยาก ตรงกับระดับ 8

หลังจากใส่เหล็กเสริมในแบบหล่อก็จะเป็นการประกอบหูยกโดยใส่ยางหูยกที่เหล็กยก ถ้าไม่มีการใส่ยางหูยกจะทำให้การยกชิ้นงานออกจากแบบหล่อและการเคลื่อนย้ายชิ้นงานทำได้ลำบากมากและเป็นอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงาน ต้องทำการซ่อมแซมหูยก ตรงกับค่า S ที่ระดับ 8 แต่มีโอกาสในการเกิดน้อยกว่า 5 ใน 1000 ชิ้น ตรงกับค่า O ที่ระดับ 3 การตรวจจับสามารถตรวจจับได้ง่ายด้วยสายตาและในกระบวนการถัดไปจะมีการตรวจสอบก่อนการขัดผิวหน้าด้วย จึงทำให้การตรวจจับแทบไม่มีการหลุดจากการไม่ใส่ยางหูยกเลย ตรงกับค่า D ที่ระดับ 1

กระบวนการตรวจสอบก่อนการเทคอนกรีตจะตรวจพบคอนกรีตไม่อยู่แนวกลางได้ที่ 1 เปอร์เซ็นต์ ตรงกับระดับ 4 โดยที่ความรุนแรงจะเท่ากับ 6 ตามที่ได้อธิบายไว้แล้วก่อนหน้า แต่การตรวจจับจะมีการระบุใน WI ของการตรวจสอบจึงทำให้ค่า D อยู่ที่ระดับ 5 การติดตั้งวัสดุฝังอื่นๆใส่กับชุดเหล็กเสริมถ้าติดตั้งไม่แน่นหนาจะทำให้เกิดการผิดตำแหน่งของวัสดุฝังและต้องทำการแก้ไขงาน หรือทำให้การใช้งานเกิดปัญหาได้ ตรงกับความรุนแรงระดับ 7 การผูกเหล็กเสริมกับวัสดุฝังไม่แน่นหนานั้นมีโอกาสเกิดน้อยกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ ตรงกับระดับ 3 แต่การตรวจจับจะตรวจสอบได้ยากและเป็นการตรวจสอบแบบสุ่มเท่านั้น จึงมีค่า D ที่ระดับ 8

การตรวจสอบการประกอบแบบหล่อ ถ้าเกิดข้อบกพร่องที่แบบหล่อประกบกันไม่สนิทจะทำให้เกิดการลึกของคอนกรีตดังที่ได้กล่าวไปแล้ว และมีค่าความรุนแรงระดับ 7 แต่การประกอบไม่สนิทที่เกิดจากการไม่ได้ตรวจสอบให้ครบถ้วนหลังประกอบแบบหล่อเสร็จแล้ว มีโอกาสเกิดขึ้นได้ที่ประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ จากการสังเกตการทำงานในปัจจุบัน ตรงกับระดับ 7 การตรวจจับจะต้องทำการเดินสำรวจโดยทั่วอย่างละเอียดแต่ในการปฏิบัติจะเป็นการตรวจโดยคร่าวๆ ดังนั้นการตรวจจับจึงทำได้ยาก ตรงกับระดับ 8 สำหรับสาเหตุจากการมีเศษคอนกรีตหรือวัสดุฝังอื่นๆขัดขวางการประกอบแบบหล่อมีโอกาสเกิดขึ้นได้ 1-2 ครั้งจากการผลิต 100 ครั้ง ตรงกับค่า O ที่ระดับ 5 โดยการตรวจจับไม่มีการระบุไว้ใน WI และไม่มีการตรวจสอบการกีดขวางของการประกอบแบบหล่อมาก่อน การตรวจจับจึงไม่มีการตรวจจับแต่เป็นการทำโดยจิตสำนึก ตรงกับหมายเลข 10

การเตรียมอุปกรณ์การเทคอนกรีตจะต้องมีการเตรียมไว้ให้พร้อมใช้งานก่อนการเทคอนกรีต เพราะถ้าทำการเทคอนกรีตแล้วจะต้องทำการไล่จี้คอนกรีตทันทีก่อนที่คอนกรีตจะเข้าสู่ช่วงการเซ็ทตัวเริ่มต้น (Initial Setting Time) โดยถ้าไม่ทำการจี้คอนกรีตจะเกิดฟองอากาศภายในชิ้นงานและผิวหน้าทำให้ความสวยงามลดลงไปมาก และต้องทำการแก้ไข ตรงกับค่า S ที่ระดับ 5 แต่จากข้อบกพร่องนี้เกิดจากการเทคอนกรีตด้วยกรวยเทคอนกรีตที่ไม่เหมาะสมทำให้เกิดการแยกตัวของเนื้อคอนกรีตและทำให้กระบวนการเททำได้ล่าช้า เกิดการหกเลอะเทอะ และเกิดขึ้นทุกครั้งเพราะว่ามีกรวยเทเพียงแค่อันเดียว (สำหรับส่วนการผลิตนี้) ตรงกับค่า O ที่ระดับ 10 และสังเกตเห็นได้อย่างง่ายโดยช่างเทคนิค ตรงกับระดับ 5 ส่วนของเครื่องจี้คอนกรีตที่ไม่เพียงพอทั้งความยาวสายจี้ไม่ยาวเพียงพอ และจำนวนเครื่องจี้ไม่เพียงพอจะเกิดขึ้นบ่อยกับการทำงาน ซึ่งเป็นพนักงานรับเหมาช่วง โอกาสในการเกิดที่ประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ที่อุปกรณ์จี้จะไม่พร้อม ตรงกับระดับ 9 และการตรวจจับจะตรวจได้โดยช่างเทคนิคที่ทำการควบคุมงาน ตรงกับระดับ 5

กระบวนการบ่มคอนกรีตทางโรงงานกำหนดมาตรฐานไว้ให้ทำการบ่มคอนกรีตไม่น้อยกว่า 8 ชั่วโมง ถ้าทำการบ่มคอนกรีตน้อยกว่าเวลาดังกล่าวจะส่งผลถึง ความแข็งแรง และเกิดการบิ่นแตกได้ ในการนำชิ้นงานออกจากแบบหล่อ ตรงกับระดับ 6 โอกาสในการถอดแบบหล่อก่อนครบกำหนดเวลาเกิดขึ้นมาไม่น้อยกว่า 2 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากการเร่งงาน ตรงกับค่า O ที่ระดับ 6 และการตรวจจับว่าพนักงานทำการถอดแบบก่อนกำหนดเวลานั้น จะไม่สามารถทราบได้นอกจากการประมาณค่าเวลาเท่านั้น เพราะไม่มีตัวบันทึกหรือจับเวลาในการบ่มคอนกรีต ค่า D จึงตรงกับระดับ 10

5.2.4 **การคำนวณค่าความเสี่ยงชี้นำ** (RPN)

หลังจากได้ค่าระดับต่างๆทั้งหมดแล้ว ก็นำข้อมูลทั้งหมดมาใส่ในตารางเก็บข้อมูล PFMEA และคำนวณค่าความเสี่ยงชี้นำดังจะได้ดังตารางที่ 5.12 และตารางที่ 5.13 สำหรับ PCF1 และ PCF2

ตารางที่ 5.12 ตารางเก็บข้อมูล PFMEA ของโรงงาน PCF1

ตารางเก็บข้อมูล PFMEA

ชื่องาน : การปรับปรุงคุณภาพของแผ่นผนังบ้านโรงงาน PCF1 หน่วยงานรับผิดชอบ : วิศวกรโครงการวิจัยและพนักงานที่เกี่ยวข้องทุกคนร่วมกัน

รุ่น / ปี /แบบ : PS Precast ผนังบ้าน PCF1 - 2550 เริ่มวันที่ : 9 ส.ค. 50 กำหนดเสร็จวันที่ : 5 ต.ค. 50

Core Team : นายกังวาฬ กิติชัยชาญ, นายสมมาตร รามสันเทียะ, นายจักราวุธ แสงวงศ์ประเสริฐ

กระบวนการ	ลักษณะของเสีย	S	สาเหตุ	O	D	RPN.
การเตรียม B/O						
ทำความสะอาด B/O	B/O ทำความสะอาดไม่ทั่วถึง	5	การทำความสะอาดไม่ครบทุกด้านของ B/O	10	3	150
จัดเก็บ B/O ตามตำแหน่ง	ชุด B/O ไม่ครบ หรือผิดชุด	7	การจัดเก็บ B/O ผิดที่ หรือจัดเก็บสลับชุดกัน	5	3	105
ใส่ยางกันน้ำปูน	ขอบยางไม่เรียบร้อย	5	การใส่ขอบยางไม่เรียบร้อย หรือยางที่ใช้อยู่ไม่เหมาะสม	10	3	150
วาง B/O						
ติดตั้ง B/O	ชุด B/O ไม่ถูกต้อง	7	การจัดเก็บ B/O ไม่ถูกต้อง หรือไม่ได้ตรวจสอบก่อนนำ B/O มาติดตั้ง	5	3	105
ยึดแม่เหล็กล็อก B/O	ชุดล็อกหลุด หรือไม่แน่น	7	สภาพของแม่เหล็กชำรุด หรือไม่ถูกขนิด หรือไม่ได้ทำการกดแม่เหล็กล็อก	7	5	245
ติดตั้งวงกบ						
ตรวจสอบวงกบ	วงกบบิ่น แตก โก่ง บิด	7	วงกบที่นำมาใช้บิด โก่ง แตก เนื่องจากการจัดเก็บและการขนย้าย	5	5	175
การติดซิลิโคน	ติดซิลิโคนไม่ทั่ว	5	ลืมติดซิลิโคน หรือติดซิลิโคนไม่ทั่ว	5	3	75
ติดตั้งวัสดุฝัง						
ติดตั้งวัสดุฝัง	ติดตั้งวัสดุฝังไม่ครบ	8	การใส่ และติดตั้งวัสดุฝังไม่ครบตามแบบ	7	5	280
	ติดตั้งวัสดุฝังผิดตำแหน่ง	8	การติดตั้งผิดตำแหน่งไปจากแบบ	6	5	240
	วัสดุฝังหลุด	8	การติดกาวไม่แน่นหนา	5	8	320
	ต้องแก้ไขวัสดุฝัง	8	การประกอบวัสดุฝังไม่ได้ขนาดตามที่ต้องการ	5	3	120
การตรวจสอบก่อนเทคอนกรีต	วัสดุฝังไม่ครบ	8	การตรวจสอบไม่เข้มงวดเพียงพอ	6	8	384
การตรวจสอบก่อนเท						
ตรวจสอบการทาน้ำยาทาแบบ	ไม่มีการทาน้ำยาทาแบบ หรือทาไม่ทั่ว	9	ความผิดพลาดของการทาน้ำยาทาแบบ	1	1	9
ตรวจสอบการติดตั้งวัสดุฝัง	วัสดุฝังไม่เรียบร้อย	7	การติดตั้งไม่เรียบร้อย ไม่แน่นหนา	6	5	210
	วัสดุฝังไม่ครบ	8	การติดตั้งไม่ครบตามจุดที่พล็อตมา	5	5	200
การเทคอนกรีต						
	เหล็กเสริมไม่อยู่กลางแผ่น	6	ลูกปูนล้ม หรือการกดทับของคอนกรีตที่เทแล้วไม่มีการยกเหล็กเสริมให้อยู่ตรงกลาง	2	8	96
	ผิดขนาดชิ้นงาน	8	เกิดการเลื่อนของ B/O , การล็อก B/O ไม่แน่นหนาเพียงพอ	5	8	320
	ผิดขนาดชิ้นงาน	8	เกิดการเลื่อนของ Shuttering , การล็อก Shuttering ไม่แน่นหนาเพียงพอ	5	5	200
การเขย่าคอนกรีต						
	ผิดขนาดชิ้นงาน	8	เกิดการเลื่อนของ B/O , การล็อก B/O ไม่แน่นหนาเพียงพอ	10	8	640
	ผิดขนาดชิ้นงาน	8	เกิดการเลื่อนของ Shuttering , การล็อก Shuttering ไม่แน่นหนาเพียงพอ	10	5	400
	ฟองอากาศ	4	การเขย่าคอนกรีตไม่เพียงพอ หรือทำการเขย่าเมื่อคอนกรีตเริ่มเซ็ทตัว	3	3	36
	ฟองอากาศ	4	ค่า Slump จากการ Mix คอนกรีตไม่ได้ตามสูตร	6	5	120
			ปัญหาที่มีค่า RPN ตั้งแต่ 200			

ตารางที่ 5.13 ตารางเก็บข้อมูล PFMEA ของโรงงาน PCF2

ตารางเก็บข้อมูล PFMEA

ชื่องาน : การปรับปรุงคุณภาพของแผ่นผนังรั้วบ้านโรงงาน PCF2 หน่วยงานรับผิดชอบ : วิศวกรโครงการวิจัยและพนักงานที่เกี่ยวข้องทุกคนร่วมกัน

รุ่น / ปี /แบบ : PS Precast รั้วบ้านทาวเฮ้าส์ Battery Mold PCF2-2550 เริ่มวันที่ : 9 ส.ค. 50 กำหนดเสร็จวันที่ : 5 ต.ค. 50

Core Team : นายกังวาฬ กิติชัยชาญ, นายทศพร เรืองเดช, นายปัทมกร คุณากรจิตติรักษ์

กระบวนการ	ลักษณะของเสีย	S	สาเหตุ	O	D	RPN.
ทำความสะอาดแบบหล่อ						
ทำความสะอาดซีลยาง	ซีลยางไม่สะอาดมีเศษปูนติด	2	การทำความสะอาดซีลยางไม่ทั่วถึง	7	8	112
	ซีลยางขาด หรือชำรุด	7	ซีลยางหมดอายุ หรือซีลยางถูกของมีคมบาดขาด	6	8	336
ทำความสะอาด Key Joint.	Key Joint มีเศษปูนติดอยู่	5	การทำความสะอาดไม่เพียงพอ	7	8	280
ทำความสะอาดผิวหน้าแบบหล่อ	ผิวหน้าไม่สะอาด	1	การทำความสะอาดไม่ดีเพียงพอ	6	8	48
	ผิวหน้าไม่เรียบ	4	ผิวหน้าของแบบหล่อมีร่อง หรือเกิดรอยลึก	6	8	192
ทำความสะอาดร่องบัว	ภายในร่องบัวมีเศษปูนติดอยู่	6	การทำความสะอาดเข้าไม่ถึงมุมภายในของร่องบัว	8	8	384
ทำความสะอาดรูน็อตยึด	รูน็อตและบริเวณรอบๆมีเศษปูนติดอยู่	2	การทำความสะอาดไม่ดีเพียงพอ หรือละเลยการทำความสะอาดเพราะคิดว่าไม่สำคัญ	8	8	128
การทาน้ำยาทาแบบ						
ตรวจสอบก่อนทาน้ำยาทาแบบ	มีเศษปูนติดอยู่ในแบบ หรือแบบหล่อไม่สะอาดเพียงพอ	4	ไม่ทำการตรวจสอบและให้ทำการแก้ไขก่อนทาน้ำยาทาแบบ	3	3	36
การทาน้ำยาทาแบบ	ทาน้ำยาทาแบบไม่ทั่วถึง	6	การทาน้ำยาทาแบบเข้าไม่ถึงขอบมุมด้านใน	6	8	288
	ทาน้ำยาทาแบบเยิ้ม (มากเกินไป)	4	การทาน้ำยาทาแบบในปริมาณที่มากเกินไป และไม่มีการเช็ดแก้ไข	5	3	60
	การทาน้ำยาทาแบบออกนอกพื้นที่หล่อ (กรณีที่เป็นการหล่อไม่เต็มแบบ) ทำให้การล็อกแบบไม่แน่น	7	พนักงานไม่ทราบถึงขนาดของแบบที่จะหล่อก่อนทาน้ำยา หรือพนักงานไม่มีความรู้ในการอ่านแบบหล่อ	3	10	210
การประกอบแบบหล่อ						
การล็อกแบบหล่อ	ความหนาของรั้วคอนกรีตมากเกิน (ไม่ได้ขนาด)	8	การประกอบแบบหล่อไม่สนิท แบบหล่อชำรุด สลักล็อกชำรุด	9	8	576
ประกบแบบหล่อ	เกิดการลึกของน้ำปูน	5	การประกอบแบบไม่สนิท ,ไม่ได้ล็อกสลักล็อก , เกลียวเร่งล็อกไม่แน่น , ซีลยางขาด	6	8	240
ติดตั้ง Key joint (กรณี vary)	ชิ้นงานบิดเบี้ยว ไม่ได้ขนาด	6	ล็อก Key joint ไม่แน่นหนา , การติดตั้ง Key joint บิดเบี้ยวไม่ได้ฉาก	2	8	96
การติดตั้งเหล็กเสริมและประกอบวัสดุฝัง						
ผูกเหล็กเสริม	เหล็กเสริมเลื่อนผิดรูปร่าง	9	การผูกเหล็กเสริมด้วยลวดไม่แน่น	3	5	135
การติดตั้งลูกปูน	ลูกปูนหลุด	2	ช่องสำหรับใส่ลูกปูนมีขนาดใหญ่มากเกินไปทำให้การติดตั้งแล้วสามารถหลุดออกได้ง่าย	6	5	60
ติดตั้งเหล็กเสริมในเซลล์	เหล็กเสริมไม่อยู่แนวกลาง	6	การติดตั้งไม่ถูกต้อง , ลูกปูนเอียง , การติดตั้งลูกปูนไม่เพียงพอ (กรณี vary)	6	8	288
การประกอบหูยก	ไม่มียางหูยกประกอบอยู่	8	ยางหูยกไม่ได้ติดตั้ง , ติดตั้งแล้วยางหูยกหลุดออก	3	1	24
การตรวจสอบก่อนการเทคอนกรีต						
การตรวจสอบก่อนการติดตั้งเหล็กเสริมและวัสดุฝัง	เหล็กเสริมที่ติดตั้งไม่อยู่ในแนวกลางของแบบหล่อ	6	การติดตั้งเหล็กเสริมไม่ถูกต้อง หรือการติดตั้งไม่แน่นหนา	4	5	120
	วัสดุฝังกับเหล็กเสริมที่ติดตั้งไม่แน่นหนา	7	การผูกเหล็กเสริมกับวัสดุฝังไม่แน่นหนา หรือไม่มีการผูกเหล็กในบางจุด	3	8	168
การตรวจสอบการประกอบแบบหล่อ	แบบหล่อประกบกันไม่สนิท	7	การประกอบแบบหล่อไม่แนบสนิทเนื่องจากในการประกอบไม่มีการตรวจเช็คความเรียบร้อยว่าแบบหล่อได้ประกบกันแน่นแล้ว	7	8	392
		7	มีเศษปูน หรือวัสดุไปขัดขวางการประกบแบบหล่อ	5	10	350
เตรียมอุปกรณ์การเทคอนกรีต						
อุปกรณ์เทคอนกรีต	เกิดฟองอากาศ	5	อุปกรณ์ที่ใช้เทคอนกรีตไม่เหมาะสม ทำให้การเทลำบากและคอนกรีตเกิดการแยกตัว	10	5	250
เครื่องจี้คอนกรีต	เกิดฟองอากาศ	5	เครื่องจี้มีความยาวไม่เพียงพอ หรือจำนวนเครื่องไม่เพียงพอกับการใช้งาน	9	5	225
การบ่มคอนกรีต						
การบ่มคอนกรีต	การแตก หรือบิ่น หรือความแข็งแรงของคอนกรีตไม่ได้ตามกำหนด	6	การบ่มคอนกรีตน้อยกว่า 8 ชั่วโมง (ซึ่งเป็นมาตรฐานการบ่มของทางบริษัท) แล้วทำการถอดแบบหล่อออกก่อนเวลาบ่มคอนกรีตดังกล่าว	6	10	360

ปัญหาที่มีค่า RPN ตั้งแต่ 200

5.2.5 การพิจารณาปรับปรุงกระบวนการผลิต

จากค่า RPN ที่ได้ทางทีมงานวิจัยได้มีความเห็นตกลงกันว่าจะทำการปรับปรุงในส่วนของข้อบกพร่องที่มีค่า RPN ตั้งแต่ 200 ขึ้นไปของทั้ง โรงงาน PCF1 และ PCF2 ก่อน โดยโรงงาน PCF1 มีข้อบกพร่องที่มีค่า RPN ตั้งแต่ 200 ขึ้นไป จำนวน 11 ข้อบกพร่องและโรงงาน PCF2 มีข้อบกพร่องที่มีค่า RPN ตั้งแต่ 200 ขึ้นไปจำนวน 13 ข้อบกพร่องดังในตารางที่ 5.14 และตารางที่ 5.15

ตารางที่ 5.14 แสดงข้อบกพร่องจำนวน 11 ข้อที่มีค่า RPN ตั้งแต่ 200 ขึ้นไปของโรงงาน PCF1

ข้อบกพร่อง	S	O	D	RPN
ผิดขนาดชิ้นงาน (B/O) (เขย่าคอนกรีต)	8	10	8	640
ผิดขนาดชิ้นงาน (Shuttering) (เขย่าคอนกรีต)	8	10	5	400
วัสดุฝังไม่ครบ	8	6	8	384
วัสดุฝังหลุด	8	5	8	320
ผิดขนาดชิ้นงาน (B/O) (เทคอนกรีต)	8	5	8	320
ติดตั้งวัสดุฝังไม่ครบ	8	7	5	280
ชุดล็อกหลุด หรือไม่แน่น	7	7	5	245
ติดตั้งวัสดุฝังผิดตำแหน่ง	8	6	5	240
วัสดุฝังไม่เรียบร้อย	7	6	5	210
วัสดุฝังไม่ครบ	8	5	5	200
ผิดขนาดชิ้นงาน (Shuttering) (เทคอนกรีต)	8	5	5	200

ตารางที่ 5.15 แสดงข้อบกพร่องจำนวน 13 ข้อที่มีค่า RPN ตั้งแต่ 200 ขึ้นไปของโรงงาน PCF2

ข้อบกพร่อง	S	O	D	RPN
ความหนาของรั้วคอนกรีตมากเกิน (ไม่ได้ขนาด)	8	9	8	576
แบบหล่อประกบกันไม่สนิท (ไม่มีการตรวจเช็ค)	7	7	8	392
ภายในร่องบัวมีเศษปูนติดอยู่	6	8	8	384
การแตก หรือบิ่น หรือความแข็งแรงของคอนกรีตไม่ได้ตามกำหนด	6	6	10	360

แบบหล่อประกบกันไม่สนิท (มีวัสดุกีดขวางการประกอบ)	7	5	10	350
ซีลยางขาด หรือชำรุด	7	6	8	336
ทาน้ำยาทาแบบไม่ทั่วถึง	6	6	8	288
เหล็กเสริมไม่อยู่แนวกลาง	6	6	8	288
Key Joint มีเศษปูนติดอยู่	5	7	8	280
เกิดฟองอากาศ (อุปกรณ์เทคอนกรีตไม่เหมาะสม)	5	10	5	250
เกิดการลึกของน้ำปูน	5	6	8	240
เกิดฟองอากาศ (เครื่องจี้คอนกรีตไม่พร้อม)	5	9	5	225
การทาน้ำยาทาแบบออกนอกพื้นที่หล่อ (กรณีที่เป็นการหล่อไม่เต็มแบบ) ทำให้การล็อกแบบไม่แน่น	7	3	10	210

5.2.6 ระดมสมองเพื่อค้นหาแนวทางการแก้ไขปรับปรุงกระบวนการผลิต

หลังจากได้ข้อบกพร่องที่จะทำการปรับปรุงแก้ไขแล้วทีมงานจึงทำการสำรวจสภาพการทำงานจริงอีกครั้งทุกขั้นตอนและประชุมกลุ่มย่อยเพื่อทำการหาแนวทางและการปรับปรุงร่วมกันดังต่อไปนี้

5.2.6.1 สำหรับโรงงาน PCF1 มีดังนี้

กระบวนการวาง B/O ข้อบกพร่องคือการยึดแม่เหล็กล็อก B/O ไม่แน่นหนา (RPN 245) ทำให้เกิดการหลุดของแม่เหล็กล็อกจากการวิเคราะห์สาเหตุจากแผนภาพก้างปลาและการปฏิบัติงานจริงก็พบว่า B/O มีหลายแบบคือแบบเก่าและแบบใหม่ซึ่งต้องใช้แม่เหล็กชุดล็อกในการยึด B/O ที่ต่างชนิดกัน และไม่สามารถใช้แทนกันได้ ถ้าชุดล็อกแบบใดเสียก็จะต้องทำการส่งซ่อมและไม่เพียงพอกับการใช้งาน เพราะไม่สามารถใช้งานทดแทนกันได้ จากการใช้งานมาพบว่า B/O แบบใหม่จะใช้งานได้สะดวกกว่า B/O แบบเก่า ทางทีมงานจึงได้ตกลงกันว่าสำหรับผลิตภัณฑ์ชนิดใหม่ที่ต้องใช้ B/O ในกระบวนการผลิตจะต้องออกแบบหูจับและใช้ชุดล็อกแบบใหม่ทั้งหมด และสำหรับชุด B/O ที่มีการใช้ชุดล็อกแบบเก่าจะทำการแก้ไข B/O เฉพาะชุดที่ยังคงใช้ในการผลิตอยู่เท่านั้นโดยการแปลงหูจับบางส่วนเพื่อให้ใช้งานได้กับชุดล็อกแบบใหม่ ก็จะทำให้สามารถนำชุดล็อกแบบใหม่มาทดแทนชุดล็อกแบบเก่าที่เสียหรือเสื่อมสภาพได้ และทำการซ่อมแซมสำหรับชุดล็อกแบบใหม่ที่เสียหายให้คงใช้งานได้รวมถึงทำการสั่งชุดล็อกแบบใหม่มาเพิ่มเติมด้วย นอกจากนี้

ทางกลุ่มย่อยยังเสนอให้มีการเชื่อมสัญลักษณ์เพื่อบ่งบอกถึงชุดและขนาดของ B/O ด้วยเหล็กสัญลักษณ์ก็จะทำให้การสังเกตเห็นได้ง่ายและเกิดความผิดพลาดได้ยาก ซึ่งจากในปัจจุบันเป็นการขีดสัญลักษณ์เท่านั้น โดยทำการทาสีด้านบนเพื่อใช้สีในการช่วยจำแนกความแตกต่างเพิ่มอีกด้วย

กระบวนการติดตั้งวัสดุฝังมี 4 ข้อบกพร่องที่มีค่า RPN ตั้งแต่ 200 ขึ้นไป โดยมีขั้นตอนเกี่ยวกับการติดตั้งวัสดุฝังคือการติดตั้งวัสดุฝังไม่ครบ (RPN 280), ติดตั้งวัสดุฝังผิดตำแหน่ง (RPN 240) และ วัสดุฝังที่ทำการติดตั้งไปแล้วเกิดการหลุด (RPN 320) โดยจากการวิเคราะห์ถึงสาเหตุของการเกิดข้อบกพร่องทั้ง 3 พบว่าเกิดจากการใส่วัสดุฝังที่ผิดขนาด ติดตั้งไม่ตรงกับแบบที่ Plot และปืนกาวและกาวที่ใช้งานไม่เพียงพอ ปัญหาส่วนใหญ่จะเกิดจากการที่วัสดุฝังที่ต้องใช้งานมีจำนวนไม่เพียงพอกับความต้องการใช้ และการจัดเก็บวัสดุฝังไม่มีความเป็นระเบียบและยากต่อการนำไปใช้งาน การจัดเก็บสำหรับรอการติดตั้งก็มีการผสมกันของวัสดุฝังและไม่มีการแบ่งแยกที่ชัดเจนทำให้เกิดการใส่วัสดุฝังผิดขนาดและไม่ได้ทำการแก้ไขงาน ดังนั้นจึงได้ทำการปรับปรุงโดยการสั่งซื้อปืนกาวและกาวให้เพียงพอและสำรองไว้สำหรับการใช้งานโดยปืนกาวที่สั่งซื้อใหม่จะเป็นปืนกาวราคาต่ำ (เพราะเป็นการซื้อด้วยจำนวนมากแทนการซื้อมาเพื่อการเพียงพอใช้) แต่สามารถใช้งานได้ดีตามวัตถุประสงค์ ทำการจัดระเบียบห้องเก็บวัสดุฝังให้มีการแยกชนิดของวัสดุฝังตามชนิด ขนาด และทำป้ายบอกชนิดและขนาดของวัสดุฝังโดยการใช้สีช่วยในการจำแนก สำหรับภาชนะเก็บวัสดุฝังที่มีการปิดมิดชิดให้นำวัสดุฝังตัวอย่างมาทำการติดแสดงภายนอกกล่องด้วยหรือทำการถ่ายรูปแล้วติดรูปที่หน้าภาชนะเพื่อที่จะทราบได้ว่าเป็นวัสดุฝังชนิดและขนาดอะไร ส่วนของการเก็บวัสดุฝังที่สถานที่ติดตั้งให้จัดหากระบะให้เพียงพอกับชนิดและขนาด ใช้ฉลากติดบอกขนาดและใช้สีช่วยในการแยกเช่นเดียวกันกับในห้องเก็บวัสดุฝัง ในส่วนของขั้นตอนในการติดตั้งวัสดุฝังผู้วิจัยเสนอให้มีการคัดเลือกพนักงานที่มีประสบการณ์มาทำหน้าที่ในการจัดชนิด จำนวน และขนาดวัสดุฝังที่ต้องทำการติดตั้งด้านล่าง (ด้านที่ติดกับโต๊ะหล่อ) ใส่เข้าไปในแบบหล่อตาม ชนิด จำนวนและขนาดตามแบบ และจัดชนิด จำนวน และขนาดวัสดุฝังที่ต้องทำการติดตั้งด้านบนไว้ในกล่องหรือวางไว้ด้านข้างของแบบหล่อชิ้นงานนั้นๆ เมื่อทำการติดตั้งเหล็กเสริมเสร็จก็ให้ทำการติดตั้งวัสดุฝังด้านบนตามทันทีโดยจะต้องติดตั้งให้หมดตามจำนวนที่จัดให้ในตอนแรกเพื่อให้ขั้นตอนการติดตั้งจะได้ทำการติดตั้งให้ครบหมดตามจำนวนที่จัดให้ จะสามารถลดการใส่วัสดุฝังไม่ครบลงได้ หลังจากการติดตั้งเสร็จสิ้นช่างเทคนิคจะเข้ามาทำการตรวจสอบ (RPN 384) ก่อนที่จะส่งงานไปสู่กระบวนการเทคอนกรีต (Concrete Casting) โดยจะทำการตรวจเช็คจุดที่มีการ Plot ต้องติดตั้งวัสดุฝังครบทั้งหมด สุ่มการตรวจเช็คความแน่นหนาของวัสดุฝังที่ติดตั้ง ถ้าพบว่าเกิดข้อบกพร่องให้ทำการแก้ไขทันที โดยที่ก่อนนี้จะไม่มีการจัดเก็บประวัติการทำงาน

ทางด้านการตรวจเช็คของช่างเทคนิค แต่ในอนาคตอันใกล้จะมีการจัดเก็บฐานข้อมูลเกี่ยวกับข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นจากการควบคุมของช่างเทคนิคแต่ละคนด้วยซึ่งก็จะทำให้การละเลยการตรวจสอบหรือทำการตรวจสอบที่ไม่เข้มงวดจะลดลง และมีการมอบรางวัล และจัดสรรโบนัสแก่ช่างเทคนิคตามสถิติที่จะทำการเก็บข้อมูลด้วย

การตรวจสอบก่อนการเทคอนกรีต การที่วัสดุฝังไม่เรียบร้อย (RPN 210) และวัสดุฝังไม่ครบ (RPN 200) ทางกระบวนการเทคอนกรีตจะเป็นผู้ที่ตรวจสอบการติดตั้งเหล็กเสริมและวัสดุฝังอีกครั้งอย่างคร่าวๆ ถ้าพบข้อบกพร่องอีกก็จะทำการแจ้งกระบวนการติดตั้งวัสดุฝังให้มาทำการแก้ไขก่อนการเทคอนกรีต ซึ่งจากกระบวนการก่อนหน้ามีการตรวจสอบที่รัดกุมยิ่งขึ้นแล้ว กระบวนการนี้จึงคงการตรวจสอบอย่างคร่าวๆเช่นเดิม

กระบวนการเทคอนกรีตจะเกิดการผิดขนาดของชิ้นงานจากการเลื่อนของ B/O (RPN 320) และการเลื่อนของ Shuttering (RPN 200) และกระบวนการเขย่าคอนกรีตจะทำให้ขนาดของชิ้นงานผิดจากการเลื่อนของ B/O (RPN 640) และการเลื่อนของ Shuttering (RPN 400) ซึ่งทั้งสองขั้นตอนอยู่ในสถานีงานเดียวกันจากการวิเคราะห์ถึงสาเหตุการเกิดข้อบกพร่องด้วยแผนภาพก้างปลาและการสังเกตจากการปฏิบัติงานจริง ก็พบว่าในการเขย่าคอนกรีตจะเป็นการสั่นที่รุนแรงด้วยความถี่สูงและการที่จะให้ลดระดับความถี่ลงก็จะทำให้ปัญหาเกี่ยวกับเรื่องฟองอากาศและปัญหาทางด้านคุณลักษณะของคอนกรีตเกิดขึ้นมาอีกจากการทดลองลดความถี่ในการเขย่าคอนกรีตที่ได้เคยทดลองในอดีต ดังนั้นจึงได้ร่วมกันคิดหาวิธีการอื่นๆ ในการที่จะสามารถชี้บ่งให้ได้ว่าเมื่อเกิดการเลื่อนแล้วจะสามารถทราบได้และเข้าไปทำการแก้ไขก่อนที่คอนกรีตจะเกิดการเซ็ทตัว จากการระดมสมองก็ได้ข้อสรุปว่าจะทำการทดลองขีดชอล์กที่แนวเส้นขอบของ Shuttering ทุกแนวก่อนการเทคอนกรีตเมื่อผ่านกระบวนการเทและเขย่าแล้วถ้าพบว่าเกิดการเลื่อนของ Shuttering ไปจากแนวเดิมจะทำการแก้ไขทันที ทำให้การตรวจจับเป็นไปได้ง่ายยิ่งขึ้น ในส่วนของ B/O ซึ่งเป็นการติดตั้งภายในของแบบหล่อเมื่อเกิดการเลื่อนจะไม่สามารถอ้างอิงกับแนวระดับใดได้เลย เพราะติดตั้งอยู่ภายในชิ้นงาน จะต้องทำการวัดจากขอบของโต๊ะหล่อทั้ง 4 ด้านเพื่อทำการตรวจเช็คจึงจะทราบได้ว่าเกิดการเลื่อนขึ้น และการแก้ไขโดยการใช้ชอล์กขีดแบบเดียวกับ Shuttering ก็อาจจะไม่ดีนักเพราะในการเขย่าจะมีน้ำคอนกรีตกระเด็นเข้าไปลบชอล์กที่ขีดไว้ได้ ประกอบกับการขีดชอล์กก็ทำได้ยากเพราะมีชุดล็อกติดตั้งอยู่ด้วย จากปัญหาดังกล่าวจึงได้มีการระดมสมองกันอีกครั้งสำหรับ B/O และได้ข้อสรุปเป็นการออกแบบอุปกรณ์ที่จะทำการติดตั้งค้ำ B/O ทั้ง 4 มุมไว้เมื่อเกิดการเลื่อนตัวค้ำก็จะหลุดออก โดยที่ถ้าพบการเลื่อนก็จะทำการตรวจเช็คทิศทาง B/O และปรับแก้ไขหลังจากการเขย่าคอนกรีตเสร็จสิ้นต่อไป

5.2.6.2 สำหรับโรงงาน PCF2 มีดังนี้

กระบวนการทำความสะอาดแบบหล่อมีข้อบกพร่องที่มีค่า RPN ตั้งแต่ 200 ขึ้นไป คือ ซีลยางขาดหรือชำรุด (RPN 336) เนื่องจากการเสื่อมสภาพและการถูกอุปกรณ์ทำความสะอาดแบบหล่อกระแทก จากปัญหาดังกล่าวนี้ทางพนักงานปฏิบัติงานก็ได้แจ้งว่า ซีลยางมีอายุการใช้งานที่สั้นมาก ใช้งานได้ไม่นานก็จะเกิดการฉีกขาดขึ้นและเมื่อเกิดการฉีกขาดก็ไม่มีซีลยางมาสำรองสำหรับเปลี่ยนจึงต้องจำใช้งานทั้งที่ซีลยางขาดต่อไป ซึ่งเมื่อทำการสอบถามถึงปัญหาดังกล่าวก็พบว่า ซีลยางสำหรับสำรองเปลี่ยนนั้นมีการสำรองเอาไว้แต่มีการสำรองในปริมาณน้อยเมื่อเกิดการขาดบ่อยครั้งจึงไม่เพียงพอกับการใช้งานและค่าใช้จ่ายในส่วนนี้ก็ได้ถูกจำกัดให้ลดลงด้วยจึงไม่สามารถจัดซื้อมาเพิ่มได้ จากปัญหาดังกล่าวทางผู้วิจัยได้ทำการปรึกษากับวิศวกรโรงงานและผู้จัดการโรงงาน ซึ่งทางผู้จัดการโรงงานได้มีการอนุมัติให้ทำการทดลองจัดซื้อซีลยางแบบใหม่มาใช้งานแทนโดยขอตัวอย่างยางจากทาง Supplier มาทำการทดสอบแช่ในน้ำมันทิ้งไว้แล้วทำการบันทึกการบวมของยางว่ายางชนิดใดมีการบวมน้อยที่สุดและเปรียบเทียบเรื่องต้นทุนด้วยเพื่อสั่งซื้อมาเปลี่ยนแทนซีลยางเก่าทั้งหมดของโรงงานเพื่อลดปัญหา นอกจากนี้ยังทำการบันทึกเพิ่มเติมใน WI เพื่อให้มีการสุ่มตรวจสอบซีลยางด้วย

ส่วนของข้อบกพร่องของการมีเศษคอนกรีตติดอยู่ที่ Key Joint (RPN 280) และมีเศษคอนกรีตติดอยู่ที่ร่องบัว (RPN 384) เกิดจากการทำความสะอาดไม่ทั่วถึงและดีพอ เมื่อพิจารณาทีละปัญหาในเรื่องของ Key Joint พบว่ามีการเร่งทำความสะอาด Key Joint เมื่อจะต้องใช้งาน ซึ่งช่วงเวลาก่อนใช้งานพนักงานไม่ได้เตรียมทำความสะอาดเอาไว้ก่อนทั้งที่มีเวลาว่าง จึงทำการตกลงกับหัวหน้าผู้รับเหมาช่วงในเรื่อง Key Joint ให้ทำความสะอาดทันทีหลังจากที่ได้ใช้งานเสร็จหรือมีเวลาว่าง และให้ทางหัวหน้าผู้รับเหมารับผิดชอบหากเกิดการเร่งงานหรือทำความสะอาดก่อนการใช้งานจะต้องเสียแต้ม และเช่นเดียวกันปัญหาเรื่องร่องบัวก็เกิดจากอุปกรณ์ทำความสะอาดไม่เพียงพอและไม่เหมาะสมจึงสั่งให้ทางผู้รับเหมาต้องรับผิดชอบในเรื่องดังกล่าว และในช่วงแรกให้ช่างเทคนิคหมั่นทำการตรวจสอบ ถ้าพบก็ให้ทำการตักเตือนทันที แต่ถ้ายังไม่มีการแก้ไขให้ทำบันทึกแจ้งวิศวกรเพื่อพิจารณาต่อไป

กระบวนการทาน้ำยาทาแบบ การทาน้ำยาทาแบบไม่ทั่วถึง (RPN 288) เนื่องจากการทาของพนักงานทาด้วยความรวดเร็วและไม่ได้ใส่ใจในรายละเอียดมากนักจึงได้เสนอให้มีการจัดอบรมและทำความเข้าใจเกี่ยวกับการทาน้ำยาทาแบบ (ซึ่งพนักงานที่ทาอยู่เป็นพนักงานใหม่ที่ไม่เคยเข้ารับการอบรมมาก่อน) ว่าเป็นส่วนสำคัญที่จะทำให้ชิ้นงานที่ได้สวยงามไม่เกิดฟองอากาศ เกิด

การแตกหรือบิ่น ทำให้ผิวหน้าเรียบเนียน ลดการซ่อมแซมงานลงได้ หลังจากการจัดอบรมพนักงานก็มีความเข้าใจและปรับปรุงการทำงานให้ดีขึ้นด้วยความสนใจ ส่วนการทาน้ำยาทาแบบออกนอกพื้นที่หล่อ (กรณี Vary) นั้น (RPN 210) เป็นสิ่งที่กระบวนการทำงานมองข้ามขั้นตอนนี้ไปและอาจจะส่งผลกับการเลื่อนได้ จึงได้ทำการจัดอบรมร่วมกันกับการทาน้ำยาทาแบบ โดยที่มีการระบุไว้ใน WI ด้วย และสอนการอ่านจำนวน ขนาดชิ้นงาน และการใช้สายวัดทำการวัดแบบ จากคำสั่งผลิตที่ได้ หรือถ้าพนักงานกะไหนไม่สามารถอ่านหนังสือหรือดูคำสั่งได้จะต้องทำการสอบถามจากช่างเทคนิคก่อนการปฏิบัติงานทุกครั้ง (เนื่องจากว่าพนักงานปฏิบัติงานเป็นของผู้รับเหมาช่วงและส่วนใหญ่ไม่สามารถอ่านหนังสือได้หรือเป็นชาวต่างด้าว)

กระบวนการประกอบแบบหล่อ ข้อบกพร่องในเรื่องความหนาของรั้วคอนกรีตไม่ได้ขนาด (RPN 576) เกิดจากการประกอบแบบหล่อไม่สนิท และแบบหล่อชำรุด เช่นเดียวกันปัญหาการลึกของน้ำปูน (RPN 240) ก็เกิดจากการประกอบแบบหล่อไม่สนิทและไม่ได้ทำการล็อกสลักและเกลียวเร่ง และจากการสำรวจปัญหาโดยตรงก็พบว่า เกิดจากแบบหล่อชำรุดแล้วไม่มีการแจ้งซ่อมแซม หรือแจ้งซ่อมไปแล้วไม่ได้รับการแก้ไข และก็ไม่มีช่วงเวลาให้เข้าทำการซ่อมแซมด้วยเนื่องจากต้องใช้ในการผลิตตลอด ส่วนปัญหาเรื่องสลักล็อกก็เช่นกัน สลักล็อกบางอันชำรุดเกลี่ยวเร่งไม่ได้ทำการติดตั้งและใช้งานเนื่องจากเห็นว่าไม่มีความสำคัญและเสียเวลา นอกจากนี้เกลียวเร่งบางอันได้สูญหายไปด้วย จากการรวบรวมปัญหาทั้งหมดแล้วนำไปปรึกษากับทีมช่างเทคนิคและวิศวกร ก็ทราบว่าปัญหาเรื่องแบบหล่อชำรุดได้มีปัญหาเกิดขึ้นมานานแล้วแต่ก็ยังคงไม่ได้รับการแก้ไขเนื่องจากฝ่ายงานซ่อมบำรุงไม่เข้ามาทำการซ่อมแซมให้ เมื่อทำการสอบถามไปก็ทราบว่าฝ่ายงานซ่อมบำรุงมีภาระงานมากต้องรอการซ่อมบำรุงนาน จึงได้นำเรื่องนี้ปรึกษากับทางผู้จัดการโรงงานในการช่วยประสานงานการแก้ไขให้ แต่ในส่วนของการตรวจสอบแบบหล่อที่ชำรุดทางโรงงานเองก็ยังไม่มีการออกตรวจสอบที่แน่นอนแต่จะเป็นเพียงการแจ้งจากพนักงาน หรือเสียแล้วจึงซ่อม (Brakedown Maintenance) เมื่อพนักงานยังไม่มีการแจ้งอันอาจจะเนื่องจากการชำรุดที่จะยังคงใช้แบบหล่อนั้นต่อไปทั้งที่เกิดการชำรุดแล้วแต่ยังสามารถใช้งานได้ ก็จะคงใช้ต่อไปจนแบบหล่อเกิดการชำรุดที่ยากต่อการแก้ไขได้ ทางทีมงานจึงเสนอให้ทำใบตรวจสอบแบบหล่อเพื่อใช้ในการสุ่มตรวจสอบตามรอบระยะเวลาที่กำหนด คือ เดือนละ 2 ครั้ง ดังแสดงในรายการตรวจสอบแบบหล่อประเภท Static และ Battery อยู่ในภาคผนวก จ. และภาคผนวก ฉ. ตามลำดับ ส่วนเรื่องของเกลี่ยวเร่งที่หายไป จากการสอบสวนคาดว่าน่าจะเกิดจากการที่พนักงานรับเหมาช่วงนำไปขายเป็นเศษเหล็ก วิศวกรโรงงานจึงได้ทำการแก้ไขและตัดปัญหาโดยการสั่งทำเกลียวเร่งใหม่

เข้ามาแทนอันที่ขาดหายไปโดยให้ทางหัวหน้าผู้รับเหมาและช่างเทคนิคร่วมกันรับผิดชอบอุปกรณ์ส่วนควบและเกลียวเร่งในส่วนงานของตนเอง และระบุความรับผิดชอบลงใน WI ด้วย

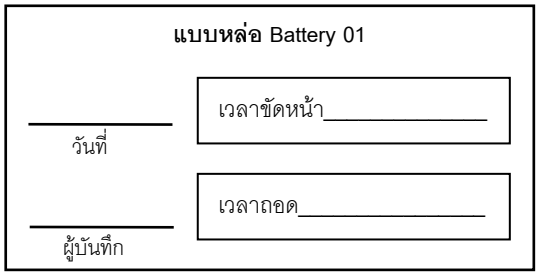
การติดตั้งเหล็กเสริมและวัสดุฝังไม่อยู่แนวกลาง (RPN 288) จากการสังเกตการทำงานของพนักงาน พนักงานจะทำการใส่เหล็กเสริมโดยที่ไม่สนใจว่าเหล็กเสริมที่ใส่จะอยู่แนวกลางหรือไม่เพราะคิดว่าเมื่อถึงขั้นตอนต่อไปก็จะได้รับการแก้ไขหรือปรับเหล็กเสริมเอง ซึ่งก็ถือว่าเป็นการเข้าใจที่ผิด จึงได้มีการประชุมกลุ่มย่อยของพนักงานและทำความเข้าใจที่ถูกต้องในเรื่องลูกค้าภายในแก่พนักงาน และจัดให้มีการประชุมกลุ่มย่อยในการแบ่งงานจัดสรรหน้าที่ก่อนการเริ่มกะทำงานทุกครั้งด้วย

กระบวนการตรวจสอบก่อนการเทคอนกรีตเป็นกระบวนการที่สำคัญเพื่อที่จะได้ทำการแก้ไขก่อนการเทคอนกรีต เพราะหลังจากเทคอนกรีตไปแล้วจะทำให้ยากต่อการแก้ไขงานอย่างมากและปัญหาที่ยังคงเกิดขึ้นบ่อยครั้งของกระบวนการตรวจสอบ คือ แบบหล่อประกบกันไม่สนิท ซึ่งส่วนหนึ่งก็เกิดจากแบบหล่อชำรุดและปัญหาซีลยาง แต่การที่แบบหล่อชำรุดนั้นก็เกิดจากขั้นตอนการประกอบที่ไม่มีประสิทธิภาพด้วย คือ การประกบแบบหล่อโดยมีเศษวัสดุขัดขวางช่องทางการประกบแบบหล่อ (RPN 350) แล้วเมื่อทำการประกบไปแล้วก็ไม่ได้ตรวจเช็คความเรียบร้อย (RPN 392) ก่อนการเทคอนกรีต เมื่อทำการเทคอนกรีตไปแล้วจึงพบข้อบกพร่องและต้องแก้ไข ทำให้แบบหล่อเกิดการชำรุดได้ง่ายจากสาเหตุทั้งหมดได้ทำการแก้ไขโดยระบุขั้นตอนการตรวจสอบไว้ใน WI ของพนักงานปฏิบัติงานเพื่อตรวจสอบในเรื่องดังกล่าวก่อนการประกบแบบหล่อ หลังจากที่ทำการประกอบแบบหล่อเรียบร้อยจึงเรียกให้ช่างเทคนิคมาทำการตรวจสอบการประกอบแบบหล่อในทุกๆเซลล์ให้เรียบร้อยก่อนจึงจะทำการส่งคำสั่งให้ส่งคอนกรีตมาเทที่แบบหล่อได้

กระบวนการเตรียมอุปกรณ์การเทคอนกรีต จากปัญหาที่พบคือ เกิดฟองอากาศเนื่องจากกระบวนการเทคอนกรีตที่ไม่เหมาะสม (RPN 250) และจำนวนเครื่องจี้ไม่เพียงพอ (RPN 225) ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาถึงหลักการลำเลียง การขนถ่ายและการเทคอนกรีตในงานคอนกรีตพบว่าวิธีการเทคอนกรีตของโรงงานที่ใช้อยู่ในปัจจุบันไม่ถูกต้องตามหลักการและหลังจากปรึกษากับทางวิศวกรก็พบว่าเป็นเช่นนั้นจริงเพราะกรวยเทคอนกรีตที่ใช้งานอยู่นั้นเป็นกรวยสำหรับการเทแบบการหล่อบนโต๊ะแบบ (Pallet) และเมื่อมีการเปลี่ยนมาใช้แบบหล่อ Battery ก็ไม่ได้มีการแก้ไขหรือเปลี่ยนกรวยหล่อให้เหมาะสม จึงมีการเสนอให้ทำการปรับปรุงกรวยเทคอนกรีตใหม่ให้สามารถใช้งานได้ดีกับแบบหล่อ Battery แต่ก็ไม่สามารถดำเนินการได้เนื่องจากการใช้งานกรวยหล่อจะต้อง

ใช้กับงานการผลิตแบบอื่นด้วย ซึ่งจะทำให้กระบวนการเทไม่เหมาะสมกับกระบวนการอื่นๆได้ ทีมงานวิจัยจึงขอให้มีการสั่งผลิตกรวยเทสำหรับแบบหล่อ Battery ใหม่เพราะแนวโน้มการผลิตจะเป็นการผลิตโดยใช้แบบหล่อ Battery เป็นส่วนใหญ่จึงเห็นสมควรทำการสั่งผลิตกรวยใหม่มาใช้งานแทน ส่วนเรื่องเครื่องจี้คอนกรีตที่มีไม่เพียงพอและสายจี้ไม่เพียงพอเกิดจากการที่ผู้รับเหมาไม่ทำการซ่อมแซมเครื่องจี้ที่เสียให้ใช้งานได้จึงทำให้การใช้งานไม่เพียงพอทำการแก้ไขโดยกำหนดบังคับให้ผู้รับเหมาแต่ละชุดจะต้องมีเครื่องจี้ในจำนวนที่ตกลงกันไว้ที่ 3 เครื่อง พร้อมสายจี้ทั้ง 2 ขนาดความยาว และทุกครั้งก่อนการปฏิบัติงานจะต้องให้ช่างเทคนิคตรวจเช็คอุปกรณ์การปฏิบัติงานก่อนถ้าครบถ้วนจึงจะอนุญาติให้ปฏิบัติงานได้ในช่วงเวลาของการประชุมกลุ่มย่อยก่อนเริ่มกะทำงาน

กระบวนการสุดท้ายคือ กระบวนการบ่มคอนกรีตที่มีการถอดแบบก่อนที่คอนกรีตจะบ่มได้ครบตามระยะเวลาที่กำหนด (RPN 360) ซึ่งการปฏิบัติงานปัจจุบันจะไม่สามารถที่จะทราบได้ว่าคอนกรีตที่บ่มเริ่มบ่มเมื่อไร จะครบกำหนดเวลาใด ถอดแบบได้เมื่อไร ในการปฏิบัติงานจึงเป็นการประมาณเวลาโดยย้อนดูจากเวลาการเริ่มกะทำงานเท่านั้นและคิดว่าจะถอดแบบได้เมื่อไร จึงทำให้การถอดแบบก่อนถึงกำหนดระยะเวลาเกิดขึ้นได้ง่ายมาก ทางผู้วิจัยและวิศวกรจึงร่วมกันจัดทำแผ่นกระดานเพื่อทำการบันทึกเวลาในการบ่ม โดยมีรายละเอียดเกี่ยวกับ ชื่อของแบบหล่อ วันที่ เวลาการขัดหน้าเสร็จ (เริ่มต้นการจับเวลาบ่ม) เวลาที่ถอดแบบได้ และผู้ทำการบันทึกเวลา ดังรูปที่ 5.5



รูปที่ 5.5 แสดงลักษณะแผ่นป้ายแสดงเวลาการบ่มคอนกรีต

5.2.7 การทบทวนค่าความเสี่ยงชี้นำ (RPN) หลังการปรับปรุง

หลังจากที่ได้ทำการปรับปรุงกระบวนการผลิตของทั้ง 2 โรงงาน ทีมงานวิจัยก็ได้ทำการทบทวนค่า RPN หลังการปรับปรุง ซึ่งครบกำหนดระยะเวลาการปรับปรุง ในวันที่ 5 ตุลาคม 2550 ได้ผลการปรับปรุงดังนี้

5.2.7.1 ผลการปรับปรุงกระบวนการผลิตของโรงงาน PCF1

กระบวนการวาง B/O ที่เกิดการหลุดของชุดแม่เหล็กล็อกจากการแก้ไขดังที่ได้กล่าวไปแล้วข้างต้น พบว่าการสั่งแม่เหล็กล็อก B/O ใหม่มาเพิ่มนั้นได้ดำเนินการไปแล้วแต่ยังไม่ได้รับแม่เหล็กล็อก B/O จาก Supplier ทำให้โอกาสในการเกิดการหลุดของ B/O ยังคงมีแนวโน้มเท่าเดิม ตรงกับค่า O ที่ระดับ 7 แต่จากการทำสัญลักษณ์และทาสีบนชุด B/O ทำให้การตรวจจับเป็นไปได้ง่ายมากขึ้น อยู่ที่ระดับ 3

กระบวนการติดตั้งวัสดุฝังจากการปรับปรุงตามแผนทำให้แนวโน้มโอกาสในการเกิดข้อบกพร่องของการติดตั้งวัสดุฝัง คือการติดตั้งวัสดุฝังไม่ครบลดลงเหลือไม่เกิน 1 เปอร์เซ็นต์ ตรงกับค่า O ที่ระดับ 4 เช่นเดียวกับการติดตั้งวัสดุฝังผิดตำแหน่งทำให้โอกาสในการเกิดลดลงเหลือไม่เกิน 1 เปอร์เซ็นต์ ตรงกับระดับ 4 ส่วนการที่วัสดุฝังที่ทำการติดตั้งไปแล้วเกิดการหลุด จากการแก้ไขทำให้การติดกาวของพนักงานทำได้ง่ายยิ่งขึ้นและกาวแห้งเร็วขึ้น ทำให้การหลุดออกเกิดขึ้นได้น้อยกว่า 0.5 เปอร์เซ็นต์ ตรงกับค่า O ที่ระดับ 3 แต่การตรวจพบของทั้ง 3 ข้อบกพร่องยังคงมีแนวโน้มเท่าเดิม

การตรวจสอบก่อนการเทคอนกรีตของกระบวนการติดตั้งวัสดุฝังจะเป็นการตรวจจับซึ่งมีขั้นตอนการตรวจสอบที่เข้มงวดขึ้นทำให้การตรวจจับได้ดีขึ้นตรงกับระดับ 5 จากการตรวจสอบที่เข้มงวดและมีการให้รางวัลในการทำงานทำให้การปฏิบัติงานของพนักงานระมัดระวังและใส่ใจในการทำงานมากขึ้นทำให้โอกาสในการเกิดข้อบกพร่องลดลงไปอยู่ที่ระดับ 5

ในกระบวนการเทคอนกรีตก็จะมีการตรวจสอบเช่นกันและถ้าพบข้อบกพร่องจะให้ทางกระบวนการติดตั้งเหล็กเสริมและวัสดุฝังมาทำการแก้ไขงานก่อน และมีการตรวจจับของกระบวนการก่อนหน้าทำให้แนวโน้มโอกาสที่จะเกิดการติดตั้งวัสดุฝังไม่เรียบร้อยลดลงเหลือไม่เกิน 2 เปอร์เซ็นต์ ตรงกับระดับ 5 และวัสดุฝังไม่ครบลดลงเหลือไม่เกิน 0.5 เปอร์เซ็นต์ ตรงกับระดับ 3

กระบวนการเทคอนกรีตที่ทำให้ชิ้นงานผิดขนาดจากการทดลองผลิตจากการแก้ไข พบว่าโอกาสในการเกิดลดลงไม่เกิน 1 เปอร์เซ็นต์ (จากการประมาณค่าแนวโน้ม) โดยที่ชิ้นงานผิดขนาดที่เกิดจากการเลื่อนของ B/O จะสามารถทำการตรวจจับได้ดีขึ้นและทราบได้เมื่อเกิดการเลื่อนโดยช่างเทคนิค ตรงกับค่า D ที่ระดับ 5 เช่นเดียวกันการเกิดการเลื่อนของ Shuttering การปรับปรุงจะทำให้การตรวจจับการเลื่อนได้ดีทำให้ค่า D ลดลงมาที่ระดับ 3 ส่วนในกระบวนการเขย่าคอนกรีตจากการเพิ่มชุดล็อกทำให้โอกาสในการเกิดการเลื่อนของ B/O ลดลงเหลือไม่เกิน 3 เปอร์เซ็นต์ ตรงกับระดับ 6 และการเลื่อนของ Shuttering ลดลงเหลือไม่เกิน 7 เปอร์เซ็นต์ ตรงกับระดับ 8 และการตรวจจับก็ทำได้ดีขึ้นเช่นเดียวกับกระบวนการเทคอนกรีตคือ ค่า D ที่ระดับ 5 และ 3 ตามลำดับ

5.2.7.2 ผลการปรับปรุงกระบวนการผลิตของโรงงาน PCF2

ในกระบวนการทำความสะอาดแบบหล่อ การทำความสะอาดซีลยางหลังการปรับปรุงทำให้ค่าการตรวจจับได้ดีขึ้นตรงกับระดับ 5 แต่ในการสั่งซีลยางชุดใหม่มายังไม่ได้ทำการเปลี่ยนใส่เพื่อใช้งานจึงทำให้โอกาสในการเกิดขึ้นยังคงเท่าเดิม การทำความสะอาด Key joint ทำให้โอกาสในการเกิดลดลงอยู่ที่ระดับ 6 และการตรวจจับได้ดีขึ้นเนื่องจากมี WI กำกับให้ปฏิบัติตามตรงกับค่า D ที่ระดับ 5 การทำความสะอาดร่องบัวเมื่อได้มีการอบรมพนักงานก็ทำให้พนักงานได้เล็งเห็นถึงความสำคัญแต่เมื่อไม่มีการควบคุมที่ดีก็ทำให้ยังคงมีการละเลยอยู่ จึงทำให้โอกาสในการเกิดข้อบกพร่องลดลงไม่มากนักไปอยู่ที่ระดับ 7

การทาน้ำยาทาแบบหล่อ หลังจากการอบรมพนักงานทาน้ำยาทาแบบหล่อ ทำให้การปฏิบัติงานของพนักงานทำได้ถูกต้องมากขึ้นและแนวโน้มในการเกิดการทาน้ำยาทาแบบไม่ทั่วถึงลดลงเหลือไม่เกิน 1 เปอร์เซ็นต์ ตรงกับระดับ 4 ส่วนกรณีการทาน้ำยาทาแบบของ Vary นั้นมีการเพิ่มการตรวจจับโดยการทำเอกสารแจ้งให้พนักงานได้รับทราบถึงจำนวนและขนาดการผลิตและมีการตรวจสอบด้วยตัวของพนักงานเองจึงทำให้ค่า D อยู่ที่ระดับ 5

กระบวนการประกอบแบบหล่อ จากการล็อกแบบหล่อไม่สนิท ทำให้ขนาดของความหนารั้วคอนกรีตมากเกินจากการปรับปรุงยังคงไม่มีการซ่อมแซมแบบหล่อเนื่องจากปัญหาจากฝ่ายงานซ่อมบำรุงทำให้โอกาสในการเกิดยังคงสูงแต่ก็ลดลงมาบ้างแต่มีแนวโน้มไม่เกิน 7 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากการเคร่งครัดในการปฏิบัติงานของพนักงาน ตรงกับค่า O ที่ระดับ 8 และการตรวจจับทำได้ดีขึ้นเนื่องจากมีการระบุความรับผิดชอบใน WI ตรงกับระดับ 5

การเกิดการลึกของน้ำปูนจากการปรับปรุงก็พบกับปัญหาการซ่อมแซมจากฝ่ายงานซ่อมบำรุงดังที่กล่าวไปแล้วและมีความเสียหายของแบบหล่อเพิ่มเติมด้วยเนื่องจากการใช้งานที่ไม่สมบูรณ์ ทำให้แนวโน้มของโอกาสในการเกิดเพิ่มขึ้นจากเดิมมาอยู่ที่ระดับ 8 แต่มีการระบุการตรวจสอบไว้ภายใน WI ทำให้การตรวจจับสามารถทำได้ดีขึ้น ตรงกับระดับ 5 เช่นกัน

กระบวนการติดตั้งเหล็กเสริมและวัสดุฝังให้อยู่แนวกลางชิ้นงานเมื่อมีการปรับปรุงโดยการอบรมพนักงานและชี้ให้เห็นถึงข้อบกพร่องทำให้พนักงานปฏิบัติงานได้ดีขึ้น แต่ในช่วงหลังก็ยังคงมีการละเลยบ้าง แต่การตรวจสอบมีการกำหนดใน WI ทำให้การตรวจจับทำได้ดีขึ้น ตรงกับระดับ 5

กระบวนการตรวจสอบก่อนการเทคอนกรีต มีการเพิ่มการตรวจสอบให้รัดกุมยิ่งขึ้นเพื่อให้ทำการแก้ไขก่อนการเทคอนกรีต และกำหนดไว้ใน WI และให้ทำความสะอาดและจัดระเบียบรอบๆสถานที่หล่อ ทำให้การตรวจจับทำได้ง่ายและสะดวกขึ้น ทำให้ค่า D ของการตรวจเช็ค ตรงกับระดับ 3 และการตรวจสอบวัสดุที่กีดขวางการประกอบแบบหล่ออยู่ที่ระดับ 5

ส่วนการเทคอนกรีตที่ทำให้เกิดฟองอากาศจากกระบวนการเทและกรวยเทคอนกรีตที่ไม่เหมาะสมยังคงไม่ได้มีการสั่งผลิตกรวยเทคอนกรีตใหม่ เนื่องจากอยู่ในกระบวนการเขียนแบบและว่าจ้าง ทำให้ค่าเกณฑ์ต่างๆยังคงมีค่าเท่าเดิม แต่ในเรื่องของอุปกรณ์การจี้คอนกรีตมีการจัดหาเพิ่มเติม และกำหนดเป็นมาตรฐาน ทำให้โอกาสในการเกิดอุปกรณ์จี้คอนกรีตไม่พร้อมใช้งานหรือไม่เพียงพอลดลงไปแต่อาจจะมีการเสียหายของอุปกรณ์บ้างเนื่องจากเป็นการเสียขณะปฏิบัติงานต่อเนื่องจึงทำให้ค่า O อยู่ที่ระดับ 4

การบ่มคอนกรีตหลังจากที่มีการจัดทำป้ายบอกระยะเวลาการบ่มคอนกรีตแล้วระบุไว้ใน WI ให้ทำการบันทึกเวลาทุกครั้ง ทำให้แนวโน้มโอกาสในการเกิดการบ่มไม่ครบกำหนดเวลาลดลง แต่ก็ยังคงมีบางครั้งที่จำเป็นต้องทำการถอดแบบก่อนเนื่องจากจำเป็นต้องทำการเร่งงาน ทำให้การบ่มคอนกรีตน้อยกว่าระยะเวลาที่กำหนดยังคงมีอยู่บ้างแต่ไม่เกิน 2 เปอร์เซ็นต์ ตรงกับระดับ 5 แต่การตรวจจับสามารถทราบได้ ตรงกับระดับ 3

จะได้ค่า RPN ก่อนและหลังการปรับปรุงเปรียบเทียบดังแสดงในตารางที่ 5.16 และตารางที่ 5.17

ตารางที่ 5.16 แสดงเปรียบเทียบการปรับปรุงกระบวนการผลิตของ PCF1

ตารางเก็บข้อมูล PFMEA

ชื่องาน : การปรับปรุงคุณภาพของแผ่นผนังบ้านโรงงาน

PCF1 หน่วยงานรับผิดชอบ : วิศวกรโครงการวิจัยและพนักงานที่เกี่ยวข้องทุกคนร่วมกัน

เริ่มวันที่ : 9 ส.ค. 50 กำหนดเสร็จวันที่ : 5 ต.ค.

รุ่น / ปี /แบบ : PS Precast ผนังบ้าน PCF1 - 2550 50

Core Team : นายกังวาฬ กิติชัยชาญ, นายสมมาตร รามสันเทียะ, นายจักราวุธ แสงวงศ์ประเสริฐ

				Before			After		
กระบวนการ	ลักษณะของเสีย	S	สาเหตุ	O	D	RPN.	O	D	RPN.
การเตรียม B/O									
ทำความสะอาด B/O	B/O ทำความสะอาดไม่ทั่วถึง	5	การทำความสะอาดไม่ครบทุกด้านของ B/O	10	3	150	8	3	120
จัดเก็บ B/O ตามตำแหน่ง	ชุด B/O ไม่ครบ หรือผิดชุด	7	การจัดเก็บ B/O ผิดที่ หรือจัดเก็บสลับชุดกัน	5	3	105	4	3	84
ใส่ยางกันน้ำปูน	ขอบยางไม่เรียบร้อย	5	การใส่ขอบยางไม่เรียบร้อย หรือยางที่ใช้อยู่ไม่เหมาะสม	10	3	150	10	3	150
วาง B/O									
ติดตั้ง B/O	ชุด B/O ไม่ถูกต้อง	7	การจัดเก็บ B/O ไม่ถูกต้อง หรือไม่ได้ตรวจสอบก่อนนำ B/O มาติดตั้ง	5	3	105	4	3	84
ยึดแม่เหล็กล็อก B/O	ชุดล็อกหลุด หรือไม่แน่น	7	สภาพของแม่เหล็กชำรุด หรือไม่ถูกชนิด หรือไม่ได้ทำการกดแม่เหล็กล็อก	7	5	245	7	3	147
ติดตั้งวงกบ									
ตรวจสอบวงกบ	วงกบบิ่น แตก โก่ง บิด	7	วงกบที่นำมาใช้บิด โก่ง แตก เนื่องจากการจัดเก็บและการขนย้าย	5	5	175	4	5	140
การติดซิลิโคน	ติดซิลิโคนไม่ทั่ว	5	ลืมติดซิลิโคน หรือติดซิลิโคนไม่ทั่ว	5	3	75	5	3	75
ติดตั้งวัสดุฝัง									
ติดตั้งวัสดุฝัง	ติดตั้งวัสดุฝังไม่ครบ	8	การใส่ และติดตั้งวัสดุฝังไม่ครบตามแบบ	7	5	280	4	5	160
	ติดตั้งวัสดุฝังผิดตำแหน่ง	8	การติดตั้งผิดตำแหน่งไปจากแบบ	6	5	240	4	5	160
	วัสดุฝังหลุด	8	การติดกาวไม่แน่นหนา	5	8	320	3	8	192
	ต้องแก้ไขวัสดุฝัง	8	การประกอบวัสดุฝังไม่ได้ขนาดตามที่ต้องการ	5	3	120	5	3	120
การตรวจสอบก่อนเทคอนกรีต	วัสดุฝังไม่ครบ	8	การตรวจสอบไม่เข้มงวดเพียงพอ	6	8	384	5	5	200
การตรวจสอบก่อนเท									
ตรวจสอบการทาน้ำยาทาแบบ	ไม่มีการทาน้ำยาทาแบบ หรือทาไม่ทั่ว	9	ความผิดพลาดของการทาน้ำยาทาแบบ	1	1	9	1	1	9
ตรวจสอบการติดตั้งวัสดุฝัง	วัสดุฝังไม่เรียบร้อย	7	การติดตั้งไม่เรียบร้อย ไม่แน่นหนา	6	5	210	5	5	175
	วัสดุฝังไม่ครบ	8	การติดตั้งไม่ครบตามจุดที่พล็อตมา	5	5	200	3	5	120
การเทคอนกรีต									
	เหล็กเสริมไม่อยู่กลางแผ่น	6	ลูกปูนล้ม หรือการกดทับของคอนกรีตที่เทแล้วไม่มีการยกเหล็กเสริมให้อยู่ตรงกลาง	2	8	96	2	8	96
	ผิดขนาดชิ้นงาน	8	เกิดการเลื่อนของ B/O , การล็อก B/O ไม่แน่นหนาเพียงพอ	5	8	320	4	5	160
	ผิดขนาดชิ้นงาน	8	เกิดการเลื่อนของ Shuttering , การล็อก Shuttering ไม่แน่นหนาเพียงพอ	5	5	200	4	3	96
การเขย่าคอนกรีต									
	ผิดขนาดชิ้นงาน	8	เกิดการเลื่อนของ B/O , การล็อก B/O ไม่แน่นหนาเพียงพอ	10	8	640	6	5	240
	ผิดขนาดชิ้นงาน	8	เกิดการเลื่อนของ Shuttering , การล็อก Shuttering ไม่แน่นหนาเพียงพอ	10	5	400	8	3	192
	ฟองอากาศ	4	การเขย่าคอนกรีตไม่เพียงพอ หรือทำการเขย่าเมื่อคอนกรีตเริ่มเซ็ทตัว	3	3	36	3	3	36
	ฟองอากาศ	4	ค่า Slump จากการ Mix คอนกรีตไม่ได้ตามสูตร	6	5	120	5	5	100

ปัญหาที่มีค่า RPN ตั้งแต่ 200

ปัญหาที่มีค่า RPN ลดลงต่ำกว่า 200 เมื่อทำการปรับปรุงไปแล้ว

ตารางที่ 5.17 แสดงเปรียบเทียบการปรับปรุงกระบวนการผลิตของ PCF2

ตารางเก็บข้อมูล PFMEA

ชื่องาน : การปรับปรุงคุณภาพของแผ่นผนังรั้วบ้านโรงงาน PCF2 หน่วยงานรับผิดชอบ : วิศวกรโครงการวิจัยและพนักงานที่เกี่ยวข้องทุกคนร่วมกัน

รุ่น / ปี /แบบ : PS Precast รั้วบ้านทาวเฮ้าส์ Battery Mold PCF2-2550 เริ่มวันที่ : 9 ส.ค. 50 กำหนดเสร็จวันที่ : 5 ต.ค. 50

Core Team : นายกังวาฬ กิติชัยชาญ, นายทศพร เรืองเดช, นายปัทมกร คุณากรจิตติรักษ์

				Before			After		
กระบวนการ	ลักษณะของเสีย	S	สาเหตุ	O	D	RPN.	O	D	RPN.
ทำความสะอาดแบบหล่อ									
ทำความสะอาดซีลยาง	ซีลยางไม่สะอาดมีเศษปูนติด	2	การทำความสะอาดซีลยางไม่ทั่วถึง	7	8	112	7	8	112
	ซีลยางขาด หรือชำรุด	7	ซีลยางหมดอายุ หรือซีลยางถูกของมีคมบาดขาด	6	8	336	6	5	210
ทำความสะอาด Key Joint.	Key Joint มีเศษปูนติดอยู่	5	การทำความสะอาดไม่เพียงพอ	7	8	280	6	5	150
ทำความสะอาดผิวหน้าแบบหล่อ	ผิวหน้าไม่สะอาด	1	การทำความสะอาดไม่ดีเพียงพอ	6	8	48	6	5	30
	ผิวหน้าไม่เรียบ	4	ผิวหน้าของแบบหล่อมีร่อง หรือเกิดรอยลึก	6	8	192	6	5	120
ทำความสะอาดร่องบัว	ภายในร่องบัวมีเศษปูนติดอยู่	6	การทำความสะอาดเข้าไม่ถึงมุมภายในของร่องบัว	8	8	384	7	8	336
ทำความสะอาดรูน็อตยึด	รูน็อตและบริเวณรอบๆมีเศษปูนติดอยู่	2	การทำความสะอาดไม่ดีเพียงพอ หรือละเลยการทำความสะอาดเพราะคิดว่าไม่สำคัญ	8	8	128	8	8	128
การทาน้ำยาทาแบบ									
ตรวจสอบก่อนทาน้ำยาทาแบบ	มีเศษปูนติดอยู่ในแบบ หรือแบบหล่อไม่สะอาดเพียงพอ	4	ไม่ทำการตรวจสอบและให้ทำการแก้ไขก่อนทาน้ำยาทาแบบ	3	3	36	3	3	36
การทาน้ำยาทาแบบ	ทาน้ำยาทาแบบไม่ทั่วถึง	6	การทาน้ำยาทาแบบเข้าไม่ถึงขอบมุมด้านใน	6	8	288	4	8	192
	ทาน้ำยาทาแบบเยิ้ม (มากเกินไป)	4	การทาน้ำยาทาแบบในปริมาณที่มาเกินไป และไม่มีการเช็ดแก้ไข	5	3	60	5	3	60
	การทาน้ำยาทาแบบออกนอกพื้นที่หล่อ (กรณีที่เป็นการหล่อไม่เต็มแบบ) ทำให้การลอกแบบไม่แน่น	7	พนักงานไม่ทราบถึงขนาดของแบบที่จะหล่อก่อนทาน้ำยา หรือพนักงานไม่มีความรู้ในการอ่านแบบหล่อ	3	10	210	3	5	105
การประกอบแบบหล่อ									
การล็อกแบบหล่อ	ความหนาของรั้วคอนกรีตมากเกิน (ไม่ได้ขนาด)	8	การประกอบแบบหล่อไม่สนิท แบบหล่อชำรุด สลักล็อกชำรุด	9	8	576	8	5	320
ประกบแบบหล่อ	เกิดการลึกของน้ำปูน	5	การประกอบแบบไม่สนิท ,ไม่ได้ล็อกสลักล็อก , เกลียวเร่งล็อกไม่แน่น ,ซีลยางขาด	6	8	240	8	5	200
ติดตั้ง Key joint (กรณี vary)	ชิ้นงานบิดเบี้ยว ไม่ได้ขนาด	6	ล็อก Key joint ไม่แน่นหนา , การติดตั้ง Key joint บิดเบี้ยวไม่ได้ฉาก	2	8	96	2	8	96
การติดตั้งเหล็กเสริมและประกอบวัสดุฝัง									
ผูกเหล็กเสริม	เหล็กเสริมเลื่อนผิดรูปร่าง	9	การผูกเหล็กเสริมด้วยลวดไม่แน่น	3	5	135	3	5	135
การติดตั้งลูกปูน	ลูกปูนหลุด	2	ช่องสำหรับใส่ลูกปูนมีขนาดใหญ่มากเกินไปทำให้การติดตั้งแล้วสามารถหลุดออกได้ง่าย	6	5	60	6	5	60
ติดตั้งเหล็กเสริมในเซลล์	เหล็กเสริมไม่อยู่แนวกลาง	6	การติดตั้งไม่ถูกต้อง , ลูกปูนเอียง , การติดตั้งลูกปูนไม่เพียงพอ (กรณี vary)	6	8	288	5	5	150
การประกอบหูยก	ไม่มียางหูยกประกอบอยู่	8	ยางหูยกไม่ได้ติดตั้ง , ติดตั้งแล้วยางหูยกหลุดออก	3	1	24	3	1	24
การตรวจสอบก่อนการเทคอนกรีต									
การตรวจสอบก่อนการติดตั้งเหล็กเสริม,วัสดุฝัง	เหล็กเสริมที่ติดตั้งไม่อยู่ในแนวกลางของแบบหล่อ	6	การติดตั้งเหล็กเสริมไม่ถูกต้อง หรือการติดตั้งไม่แน่นหนา	4	5	120	4	5	120
	วัสดุฝังกับเหล็กเสริมที่ติดตั้งไม่แน่นหนา	7	การผูกเหล็กเสริมกับวัสดุฝังไม่แน่นหนา หรือไม่มีการผูกเหล็กในบางจุด	3	8	168	3	8	168
การตรวจสอบการประกอบแบบหล่อ	แบบหล่อประกบกันไม่สนิท	7	การประกอบแบบหล่อไม่แนบสนิทเนื่องจากในการประกอบไม่มีการตรวจเช็คความเรียบร้อยว่าแบบหล่อได้ประกบกันแน่นแล้ว	7	8	392	7	3	147
		7	มีเศษปูน หรือวัสดุไปขัดขวางการประกบแบบหล่อ	5	10	350	5	5	175
เตรียมอุปกรณ์การเทคอนกรีต									
อุปกรณ์เทคอนกรีต	เกิดฟองอากาศ	5	อุปกรณ์ที่ใช้เทคอนกรีตไม่เหมาะสม ทำให้การเทลำบากและคอนกรีตเกิดการแยกตัว	10	5	250	10	5	250
เครื่องจี้คอนกรีต	เกิดฟองอากาศ	5	เครื่องจี้มีความยาวไม่เพียงพอ หรือจำนวนเครื่องไม่เพียงพอกับการใช้งาน	9	5	225	4	5	100
การบ่มคอนกรีต									
การบ่มคอนกรีต	การแตก หรือบิ่น หรือความแข็งแรงของคอนกรีตไม่ได้ตามกำหนด	6	การบ่มคอนกรีตน้อยกว่า 8 ชั่วโมง (ซึ่งเป็นมาตรฐานการบ่มของทางบริษัท) แล้วทำการถอดแบบหล่อออกก่อนเวลาบ่มคอนกรีตดังกล่าว	6	10	360	5	3	90

ปัญหาที่มีค่า RPN ตั้งแต่ 200

ปัญหาที่มีค่า RPN ลดลงต่ำกว่า 200 เมื่อทำการปรับปรุงไปแล้ว

5.2.8 การประเมินผลหลังการปรับปรุง

หลังจากการปรับปรุงกระบวนการผลิตของโรงงาน PCF1 ทางทีมงานมีความเห็นตรงกันว่าการปรับปรุงทำให้กระบวนการผลิตมีการดำเนินงานที่ดีขึ้น และจะทำการควบคุมระบบการผลิตให้คงความเข้มงวดและการปรับปรุงสำหรับโรงงาน PCF1 ถือว่าประสบความสำเร็จตามเป้าหมายและจะยุติการปรับปรุงไว้ก่อนแม้จะยังคงมีข้อบกพร่องที่มีค่า RPN ตั้งแต่ 200 ขึ้นไปก็ตาม เนื่องจากการปรับปรุงอยู่ในระดับที่พึงพอใจแล้วดังที่กล่าวข้างต้น เนื่องจากมีโครงการขยายกำลังการผลิตเพิ่ม และในการปรับปรุงเพิ่มเติมจะต้องได้รับอนุมัติจากทางผู้บริหารก่อน

แต่สำหรับโรงงาน PCF2 ยังคงมีค่า RPN หลังการปรับปรุงตั้งแต่ 200 ขึ้นไปอยู่จำนวน 5 ข้อบกพร่องคือ ความหนาของรั้วคอนกรีตมากเกิน (ไม่ได้ขนาด) (RPN 320), ภายในร่องบัวมีเศษปูนติดอยู่ (RPN 336), ซีลยางขาด หรือชำรุด (RPN 210), เกิดฟองอากาศ (อุปกรณ์เทคอนกรีตไม่เหมาะสม) (RPN 250) และเกิดการลึกของน้ำปูน (RPN 200) จึงทำการปรับปรุงเพิ่มเติมเป็นวาระที่ 2

5.2.9 การปรับปรุงกระบวนการผลิตวาระที่ 2 สำหรับโรงงาน PCF2

โดยทำการติดตามการปรับปรุงเดิมให้แล้วเสร็จและเสนอทางเลือกในการปรับปรุงเพิ่มเติมตามแต่กรณี ดังนี้

ซีลยางที่ขาดจากกระบวนการทำความสะอาดแบบหล่อที่ยังคงไม่ได้ทำการเปลี่ยนยางชุดใหม่ใส่จึงเปิดให้ทำงานล่วงเวลาของพนักงานเพื่อทำการเปลี่ยนซีลยางของแบบหล่อที่ตนเองรับผิดชอบปฏิบัติงานอยู่ให้เสร็จ จึงทำให้การเปลี่ยนซีลยางเสร็จสิ้นและทำให้แนวโน้มในการเกิดซีล ยางขาดชำรุดลดลงเหลือไม่เกิน 1 เปอร์เซ็นต์ ตรงกับระดับ 4 และบังคับให้มีการตรวจสอบแบบหล่อทุก 2 สัปดาห์เพื่อทำการแจ้งปัญหา

กระบวนการทำความสะอาดร่องบัวที่ทำความสะอาดไม่ทั่วถึง จากการที่ให้พนักงานเป็นผู้ตรวจสอบเองแต่ยังไม่ได้รับความร่วมมือเท่าที่ควร จึงสั่งการให้พนักงานทาน้ำยาทาแบบเป็นผู้ตรวจสอบซ้ำในเบื้องต้นเมื่อพบการทำความสะอาดที่ขอบมุมบัวไม่เรียบร้อยให้ทำการแจ้งให้พนักงานทำความสะอาดมาทำความสะอาดให้เรียบร้อยและบันทึกเป็นประวัติสำหรับการให้รางวัล ซึ่งหลังจากการทดลองพบว่าจากการที่มีพนักงานคนอื่นตรวจสอบทำให้การปฏิบัติงานทำ

ความสะอาดร่องบัวดีขึ้นตามลำดับ ทำให้แนวโน้มในการเกิดการทำความสะอาดร่องบัวไม่เรียบร้อยลดลงเหลือไม่เกิน 2 เปอร์เซ็นต์ ตรงกับระดับ 5 และการตรวจจับอยู่ที่ระดับ 5

ในกระบวนการประกอบแบบหล่อปัญหาที่พบคือการไม่ได้ทำการซ่อมบำรุงแบบหล่อให้สามารถใช้งานได้เป็นปกติ จึงทำให้ค่าโอกาสในการเกิดข้อบกพร่องเพิ่มขึ้น ทางทีมงานจึงตัดสินใจทำการว่าจ้าง Supplier ภายนอกเพื่อเข้ามาทำการซ่อมแซมแบบหล่อแทนฝ่ายงานซ่อมบำรุงของโรงงาน และจะทำการซ่อมแซมในช่วงหยุดยาวเทศกาลปีใหม่ เมื่อทำการซ่อมแซมเสร็จสิ้นจะทำให้แนวโน้มโอกาสในการเกิดข้อบกพร่องจากกระบวนการประกอบแบบหล่อลดลงเหลือไม่เกิน 1 เปอร์เซ็นต์ ตรงกับระดับ 4

และในกระบวนการของการเทคอนกรีตที่ไม่เหมาะสมทำให้เกิดการแยกตัวของเนื้อคอนกรีตและมีผลให้เกิดฟองอากาศ จากการติดตามความคืบหน้าพบว่ายังไม่ได้ทำการสั่งผลิตจึงดำเนินการสั่งผลิตและถ้าได้รับกรวยใหม่มาจะทำให้แนวโน้มการเกิดฟองอากาศลดลงเหลือไม่เกิน 3 เปอร์เซ็นต์ ตรงกับค่า O ในระดับ 6 และจะทำการปรับปรุงกระบวนการเทคอนกรีตเพิ่มเติมในช่วงการปรับปรุงครั้งต่อไปด้วย

บทที่ 6
เปรียบเทียบผลการปรับปรุงและวิเคราะห์ผลการปรับปรุง

6.1 ผลการปรับปรุง

การศึกษากระบวนการผลิตชิ้นงานคอนกรีตสำเร็จรูปของทั้งโรงงาน PCF1 และ PCF2 ของบริษัทกรณีศึกษา ตลอดจนความต้องการของลูกค้าและลักษณะข้อบกพร่องต่างๆที่เกิดขึ้นและมีแนวโน้มว่าอาจจะเกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตของทั้ง 2 โรงงาน ทางทีมงานวิจัยได้รวบรวม ทำการวิเคราะห์ข้อมูล และประยุกต์ใช้เทคนิค QFD และ PFMEA ในการปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อทำการแปรความต้องการของลูกค้ามาเป็นข้อกำหนดทางด้านเทคนิคของชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปที่ลูกค้าพึงต้องการและความสามารถของกระบวนการผลิตสามารถที่จะดำเนินการได้ โดยทำการปรับปรุงกระบวนการผลิตตามเทคนิค PFMEA เพื่อลดและขจัดแนวโน้มข้อบกพร่องที่อาจจะเกิดขึ้นจากกระบวนการผลิต ทำการปรับปรุงแก้ไขในกระบวนการย่อยที่มีค่า RPN ตั้งแต่ 200 ขึ้นไปเป็นลำดับแรกก่อน

หลังจากทำการปรับปรุงกระบวนการผลิตของทั้งโรงงาน PCF1 และ PCF2 ด้วยเทคนิค QFD และ PFMEA ทำให้มาตรฐานของกระบวนการผลิตและมาตรฐานของข้อกำหนดทางเทคนิคของชิ้นงานดีขึ้นและตรงกับความต้องการของลูกค้ามากขึ้น สามารถลดจำนวนครั้งการร้องเรียนและลดรายการร้องเรียนจากลูกค้าภายในของบริษัทกรณีศึกษาลง ทำให้เกิดความพึงพอใจของลูกค้าภายในตลอดจนลูกค้าขั้นสุดท้ายซึ่งก็คือผู้บริโภคมีความพึงพอใจเพิ่มขึ้น ทำให้เกิดการทำงานเป็นทีม ความมีส่วนร่วมของพนักงานในการแสดงความคิดเห็นและการติดต่อประสานงานที่ดีขึ้น และสามารถลดจำนวนชิ้นงานซ่อมแซมและจำนวนชิ้นงานเสียลงได้ด้วย

ผลการดำเนินการปรับปรุงจะนำเสนอในประเด็นต่างๆดังต่อไปนี้

6.1.1 การปรับปรุงเปลี่ยนแปลงมาตรฐานกระบวนการผลิตจากเทคนิค QFD

จากการประยุกต์ใช้เทคนิค QFD กับบริษัทกรณีศึกษาทำให้ได้ทราบถึงความต้องการของลูกค้าที่มีความต้องการที่สูงกว่ามาตรฐานที่ได้กำหนดไว้ เพราะจากกระบวนการผลิตเดิมจะผลิตชิ้นงานคอนกรีตสำเร็จรูปที่จะต้องไปทำการแก้ไขที่หน้างานซึ่งทำให้เสียเวลาและความสวยงามจะลดลง แม้ว่าชิ้นงานคอนกรีตสำเร็จรูปเหล่านั้นจะผ่านการตรวจสอบคุณภาพมาแล้วก็ตาม รวมถึงปัญหาจากการร้องเรียนของลูกค้าก็ไม่ได้รับการแก้ไขและจัดการที่ดีเท่าที่ควรจะเป็น แต่

หลังจากการประยุกต์ใช้เทคนิค QFD ทำให้มีการแปรความต้องการของลูกค้ามาเป็นข้อกำหนดทางด้านเทคนิคใหม่ที่ตรงกับความต้องการของลูกค้าและกระบวนการผลิตของโรงงานสามารถดำเนินการได้ โดยมีการปรับเปลี่ยนข้อกำหนดทางด้านเทคนิค เช่น ความยาวของรั้วจาก ±15 มิลลิเมตร เป็น ±10 มิลลิเมตร ความสูงของรั้วจาก ±10 เป็น ±6 มิลลิเมตร ความหนาของรั้วจาก ±10 มิลลิเมตร เป็น ±6 มิลลิเมตร ระยะหูยก d_2 จาก±20 มิลลิเมตร เป็น ±10 มิลลิเมตร เป็นต้น ซึ่งรายละเอียดอื่นๆของมาตรฐานการตรวจรับชิ้นงานและข้อกำหนดทางด้านเทคนิคแบบเดิมและแบบใหม่ได้แสดงในภาคผนวก ซ.

6.1.2 ค่าคะแนนความเสี่ยงชี้นำ (RPN) จากการปรับปรุงแก้ไข

หลังจากทีมงานวิจัยได้ทำการระดมสมองเพื่อนำเสนอแนวทางการแก้ไข ปรับปรุงและป้องกัน โดยการใช้หลักการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบของกระบวนการผลิตและได้มีความเห็นที่จะทำการปรับปรุงกระบวนการผลิตย่อยที่มีค่าความเสี่ยงชี้นำของข้อบกพร่องตั้งแต่ 200 ขึ้นไปก่อนเป็นลำดับแรกของทั้ง 2 โรงงาน

จากการปรับปรุงกระบวนการผลิตตามแผนที่ได้วางไว้ในช่วงวันที่ 9 ส.ค. 50 – 5 ต.ค. 50 เมื่อครบกำหนดเวลาดังกล่าวทางทีมงานวิจัยได้ติดตามความคืบหน้าและการปฏิบัติงานจริงของพนักงานแล้วให้ค่าคะแนนความเสี่ยงชี้นำหลังการปรับปรุงเพื่อทำการเปรียบเทียบได้ผลดังตารางที่ 6.1 และตารางที่ 6.2

ตารางที่ 6.1 การเปรียบเทียบค่าความเสี่ยงชี้นำก่อนและหลังการปรับปรุงของโรงงาน PCF1

ตารางเก็บข้อมูล PFMEA

ชื่องาน : การปรับปรุงคุณภาพของแผ่นผนังบ้านโรงงาน PCF1 หน่วยงานรับผิดชอบ : วิศวกรโครงการวิจัยและพนักงานที่เกี่ยวข้องทุกคนร่วมกัน

รุ่น / ปี /แบบ : PS Precast ผนังบ้าน PCF1 - 2550 เริ่มวันที่ : 9 ส.ค. 50 กำหนดเสร็จวันที่ : 5 ต.ค. 50

Core Team : นายกังวาพ กิติชัยชาญ, นายสมมาตร รามสันเทียะ, นายจักราวุธ แสงวงศ์ประเสริฐ

			Before			After		
กระบวนการ	ลักษณะของเสีย	Severity	Occurrence	Detection	RPN.	Occurrence	Detection	RPN.
การเตรียม B/O								
ทำความสะอาด B/O	B/O ทำความสะอาดไม่ทั่วถึง	5	10	3	150	8	3	120
จัดเก็บ B/O ตามตำแหน่ง	ชุด B/O ไม่ครบ หรือผิดชุด	7	5	3	105	4	3	84
ใส่ยางกันน้ำปูน	ขอบยางไม่เรียบร้อย	5	10	3	150	10	3	150
วาง B/O								
ติดตั้ง B/O	ชุด B/O ไม่ถูกต้อง	7	5	3	105	4	3	84
ยึดแม่เหล็กล็อก B/O	ชุดล็อกหลุด หรือไม่แน่น	7	7	5	245	7	3	147
ติดตั้งวงกบ								
ตรวจสอบวงกบ	วงกบบิ่น แตก โก่ง บิด	7	5	5	175	4	5	140
การติดซิลิโคน	ติดซิลิโคนไม่ทั่ว	5	5	3	75	5	3	75
ติดตั้งวัสดุฝัง								
ติดตั้งวัสดุฝัง	ติดตั้งวัสดุฝังไม่ครบ	8	7	5	280	4	5	160
	ติดตั้งวัสดุฝังผิดตำแหน่ง	8	6	5	240	4	5	160
	วัสดุฝังหลุด	8	5	8	320	3	8	192
	ต้องแก้ไขวัสดุฝัง	8	5	3	120	5	3	120
การตรวจสอบก่อนเทคอนกรีต	วัสดุฝังไม่ครบ	8	6	8	384	5	5	200
การตรวจสอบก่อนเท								
ตรวจสอบการทาน้ำยาทาแบบ	ไม่มีการทาน้ำยาทาแบบ หรือทาไม่ทั่ว	9	1	1	9	1	1	9
ตรวจสอบการติดตั้งวัสดุฝัง	วัสดุฝังไม่เรียบร้อย	7	6	5	210	5	5	175
	วัสดุฝังไม่ครบ	8	5	5	200	3	5	120
การเทคอนกรีต								
	เหล็กเสริมไม่อยู่กลางแผ่น	6	2	8	96	2	8	96
	ผิดขนาดชิ้นงาน	8	5	8	320	4	5	160
	ผิดขนาดชิ้นงาน	8	5	5	200	4	3	96
การเขย่าคอนกรีต								
	ผิดขนาดชิ้นงาน	8	10	8	640	6	5	240
	ผิดขนาดชิ้นงาน	8	10	5	400	8	3	192
	ฟองอากาศ	4	3	3	36	3	3	36
	ฟองอากาศ	4	6	5	120	5	5	100

ตารางที่ 6.2 การเปรียบเทียบค่าความเสี่ยงชี้นำก่อนและหลังการปรับปรุงของโรงงาน PCF2

ตารางเก็บข้อมูล PFMEA

ชื่องาน : การปรับปรุงคุณภาพของแผ่นผนังรั้วบ้านโรงงาน PCF2 หน่วยงานรับผิดชอบ : วิศวกรโครงการวิจัยและพนักงานที่เกี่ยวข้องทุกคนร่วมกัน

รุ่น / ปี /แบบ : PS Precast รั้วบ้านทาวเฮ้าส์ Battery Mold PCF2-2550 เริ่มวันที่ : 9 ส.ค. 50 กำหนดเสร็จครั้งที่1 วันที่ : 5 ต.ค. 50 กำหนดเสร็จครั้งที่2 วันที่ : 26 พ.ย. 50

Core Team : นายกังวาพ กิติชัยชาญ, นายทศพร เรืองเดช, นายปัทมกร คุณากรจิตติรักษ์

			Before			Improve1			Improve2		
กระบวนการ	ลักษณะของเสีย	S	O	D	RPN.	O	D	RPN.	O	D	RPN.
ทำความสะอาดแบบหล่อ											
ทำความสะอาดซีลยาง	ซีลยางไม่สะอาดมีเศษปูนติด	2	7	8	112	7	8	112	7	8	112
	ซีลยางขาด หรือชำรุด	7	6	8	336	6	5	210	4	5	140
ทำความสะอาด Key Joint.	Key Joint มีเศษปูนติดอยู่	5	7	8	280	6	5	150	6	5	150
ทำความสะอาดผิวหน้าแบบหล่อ	ผิวหน้าไม่สะอาด	1	6	8	48	6	5	30	6	5	30
	ผิวหน้าไม่เรียบ	4	6	8	192	6	5	120	6	5	120
ทำความสะอาดร่องบัว	ภายในร่องบัวมีเศษปูนติดอยู่	6	8	8	384	7	8	336	5	5	150
ทำความสะอาดรูน็อตยึด	รูน็อตและบริเวณรอบๆมีเศษปูนติดอยู่	2	8	8	128	8	8	128	8	8	128
การทาน้ำยาทาแบบ											
ตรวจสอบก่อนทาน้ำยาทาแบบ	มีเศษปูนติดอยู่ในแบบ หรือแบบหล่อไม่สะอาดเพียงพอ	4	3	3	36	3	3	36	3	3	36
การทาน้ำยาทาแบบ	ทาน้ำยาทาแบบไม่ทั่วถึง	6	6	8	288	4	8	192	4	8	192
	ทาน้ำยาทาแบบเยิ้ม (มากเกินไป)	4	5	3	60	5	3	60	5	3	60
	การทาน้ำยาทาแบบออกนอกพื้นที่หล่อ (กรณีที่เป็นการหล่อไม่เต็มแบบ) ทำให้การล็อกแบบไม่แน่น	7	3	10	210	3	5	105	3	5	105
การประกอบแบบหล่อ											
การล็อกแบบหล่อ	ความหนาของรั้วคอนกรีตมากเกิน (ไม่ได้ขนาด)	8	9	8	576	8	5	320	4	5	160
ประกบแบบหล่อ	เกิดการลึกของน้ำปูน	5	6	8	240	8	5	200	4	5	100
ติดตั้ง Key joint (กรณี vary)	ชิ้นงานบิดเบี้ยว ไม่ได้ขนาด	6	2	8	96	2	8	96	2	8	96
การติดตั้งเหล็กเสริมและประกอบวัสดุฝัง											
ผูกเหล็กเสริม	เหล็กเสริมเลื่อนผิดรูปร่าง	9	3	5	135	3	5	135	3	5	135
การติดตั้งลูกปูน	ลูกปูนหลุด	2	6	5	60	6	5	60	6	5	60
ติดตั้งเหล็กเสริมไนเซลล์	เหล็กเสริมไม่อยู่แนวกลาง	6	6	8	288	5	5	150	5	5	150
การประกอบหูยก	ไม่มียางหูยกประกอบอยู่	8	3	1	24	3	1	24	3	1	24
การตรวจสอบก่อนการเทคอนกรีต											
การตรวจสอบก่อนการติดตั้งเหล็กเสริมและวัสดุฝัง	เหล็กเสริมที่ติดตั้งไม่อยู่ในแนวกลางของแบบหล่อ	6	4	5	120	4	5	120	4	5	120
	วัสดุฝังกับเหล็กเสริมที่ติดตั้งไม่แน่นหนา	7	3	8	168	3	8	168	3	8	168
การตรวจสอบการประกอบแบบหล่อ	แบบหล่อประกบกันไม่สนิท	7	7	8	392	7	3	147	7	3	147
		7	5	10	350	5	5	175	5	5	175
เตรียมอุปกรณ์การเทคอนกรีต											
อุปกรณ์เทคอนกรีต	เกิดฟองอากาศ	5	10	5	250	10	5	250	6	5	150
เครื่องจี้คอนกรีต	เกิดฟองอากาศ	5	9	5	225	4	5	100	4	5	100
การบ่มคอนกรีต											
การบ่มคอนกรีต	การแตก หรือบิ่น หรือความแข็งแรงของคอนกรีตไม่ได้ตามกำหนด	6	6	10	360	5	3	90	5	3	90

จากการปรับปรุงกระบวนการผลิตทางทีมงานวิจัยมีความเห็นตรงกันในการปรับปรุง PCF1 แม้ว่าจะยังคงมีบางข้อบกพร่องที่มีค่าความเสี่ยงชี้นำหลังการปรับปรุงตั้งแต่ 200 ขึ้นไปอยู่อีก 2 ข้อบกพร่อง แต่การปรับปรุงเพิ่มเติมต่อไปเพื่อที่จะทำให้ค่าของความเสี่ยงชี้นำลดลงไปได้จะต้องเสนอกับคณะผู้บริหารก่อนจึงได้สรุปว่าการปรับปรุงในส่วนของโรงงาน PCF1 ประสบความสำเร็จ แต่สำหรับโรงงาน PCF2 พบว่ายังคงมีหลายๆข้อบกพร่องที่ค่าความเสี่ยงชี้นำหลังการปรับปรุงครั้งแรกยังสูงกว่า 200 ทีมงานวิจัยเห็นสมควรทำการปรับปรุงกระบวนการผลิตเพิ่มเติมเพื่อขยายเวลาในการปรับปรุงในส่วนของการปรับปรุงที่ยังดำเนินการไม่เสร็จสิ้น และค้นหาแนวทางในการปรับปรุงเพิ่มเติม และหลังจากการปรับปรุงครั้งที่ 2 ทำให้ค่าความเสี่ยงชี้นำลดลงต่ำกว่า 200 ทุกข้อบกพร่องและถือว่าประสบความสำเร็จในการปรับปรุง

6.1.3 จำนวนเปอร์เซ็นต์ของงานซ่อมแซมที่เกิดจากกระบวนการผลิตของโรงงาน PCF1 และ PCF2

สำหรับผลการดำเนินการปรับปรุงแก้ไขในเรื่องของข้อบกพร่องและแนวโน้มข้อบกพร่องที่เกิดจากกระบวนการผลิตของปี 2006 ซึ่งจะใช้เป็นปีฐานในการเปรียบเทียบผลการปรับปรุงโดยใช้ผลในช่วงเดือนกันยายนถึงธันวาคม 2007 ซึ่งเป็นช่วงที่มีการปรับเปลี่ยนมาตรฐานการตรวจรับชิ้นงานและอยู่ในช่วงของการปรับปรุงกระบวนการผลิต และผลในช่วงเดือนมกราคมถึงมีนาคม 2008 ซึ่งเป็นช่วงที่ทำการปรับปรุงเสร็จสิ้นและดำเนินการผลิตปกติเพื่อเปรียบเทียบผลการปรับปรุง

ดังแสดงผลการเปรียบเทียบดังตารางที่ 6.3 สำหรับโรงงาน PCF1 และตารางที่ 6.4 สำหรับโรงงาน PCF2

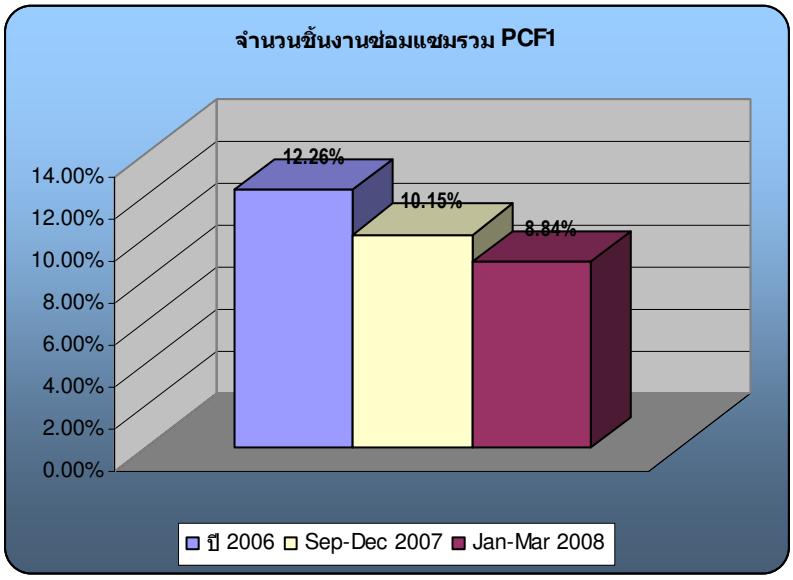
ตารางที่ 6.3 แสดงจำนวนงานซ่อมแซมของโรงงาน PCF1

ช่วงเวลา	จำนวนชิ้นงานผลิต (แผ่น)	จำนวนชิ้นงานซ่อม (แผ่น)	จำนวนสาเหตุการซ่อม (ครั้ง)						
			ผิวหน้าไม่เรียบ	บิ่นแตก			วัสดุฝัง		ฟองอากาศ
				ขอบวงกบ, ช่องเปิด, B/O	Key Joint	ขอบ, มุม ทั่วไป	ไม่ได้ฝัง	ฝังผิดตำแหน่ง	
ปี 2006	57,859	7,096	1,500	1,096	703	174	461	941	1,693
		12.26%	2.59%	1.89%	1.22%	0.30%	0.80%	1.63%	2.93%
Sep-Dec 2007	24,297	2,465	96	349	194	66	57	377	421
		10.15%	0.40%	1.44%	0.80%	0.27%	0.23%	1.55%	1.73%
Jan-Mar 2008	20,474	1,809	134	79	125	11	20	620	105
		8.84%	0.65%	0.39%	0.61%	0.05%	0.10%	3.03%	0.51%

ตารางที่ 6.4 แสดงจำนวนงานซ่อมแซมของโรงงาน PCF2

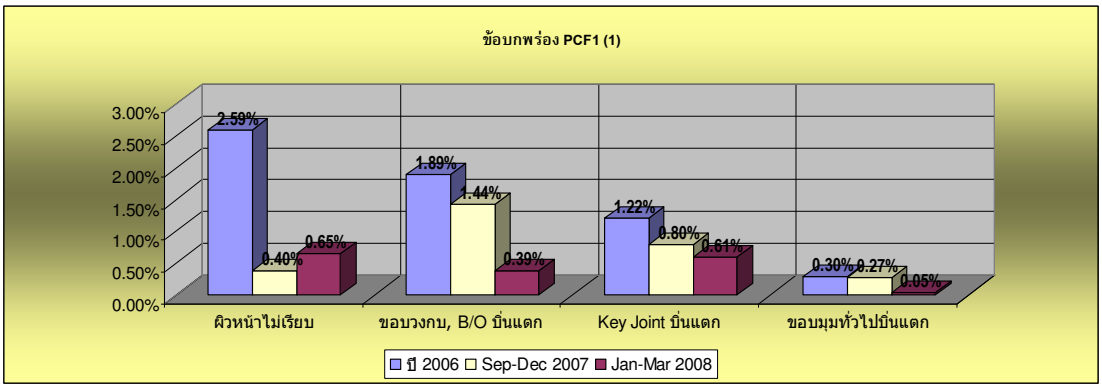
ช่วงเวลา	จำนวนชิ้นงานผลิต (แผ่น)	จำนวนชิ้นงานซ่อม (แผ่น)	จำนวนสาเหตุการซ่อม (ครั้ง)							
			ผิวหน้าไม่เรียบ	บิ่นแตก			วัสดุฝัง		ฟองอากาศ	รอยร้าว
				ขอบวงกบ, ช่องเปิด, B/O	Key Joint	ขอบ, มุม ทั่วไป	ไม่ได้ฝัง	ฝังผิดตำแหน่ง		
ปี 2006	43,871	9,957	822	132	68	2,033	37	108	5,984	526
		22.70%	1.87%	0.30%	0.15%	4.60%	0.08%	0.25%	13.64%	1.20%
Sep-Dec 2007	43,922	7794	438	-	65	2,239	281	44	4,519	509
		17.75%	1.00%	0.00%	0.15%	5.10%	0.64%	0.10%	10.29%	1.16%
Jan-Mar 2008	33,126	4013	62	1	66	1,593	108	2	2,499	79
		12.11%	0.19%	0.00%	0.20%	4.81%	0.33%	0.01%	7.54%	0.24%

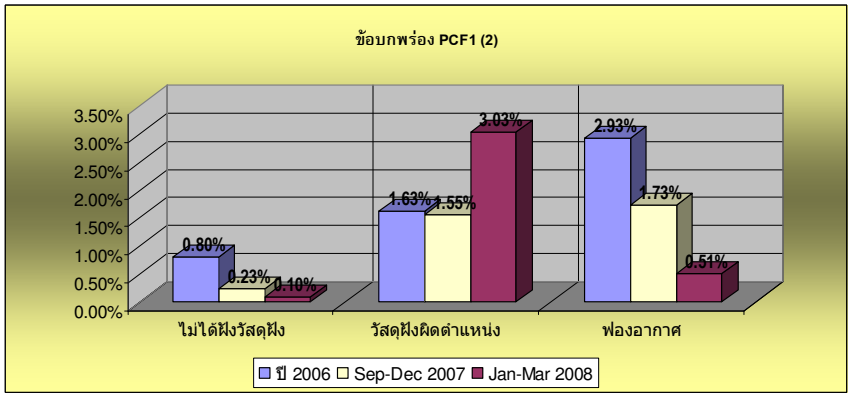
และแผนภูมิแท่งแสดงการเปรียบเทียบจำนวนชิ้นงานซ่อมแซมของโรงงาน PCF1 แสดงในรูปที่ 6.1 และสามารถที่จะทำการเปรียบเทียบแยกแต่ละข้อบกพร่องของการซ่อมแซมชิ้นงานดังแสดงในรูปที่ 6.2



รูปที่ 6.1 แสดงแผนภูมิแท่งเปรียบเทียบผลการปรับปรุงของโรงงาน PCF1 รวมทุกสาเหตุการซ่อมแซม

จากแผนภูมิแท่งแสดงจำนวนชิ้นงานซ่อมแซมโรงงาน PCF1 รวมทุกสาเหตุการซ่อมแซมจะสังเกตเห็นว่าในปี 2006 มีจำนวนปริมาณงานซ่อมแซมที่สูง และในช่วงที่มีการปรับปรุงและเปลี่ยนแปลงมาตรฐานการตรวจรับชิ้นงาน คือช่วงเดือนกันยายนถึงธันวาคม 2007 พบว่าจำนวนงานซ่อมแซมรวมได้ลดลงไม่มากนัก อันเนื่องมาจากมีการปรับมาตรฐานการตรวจรับชิ้นงานขึ้นและจำนวนงานซ่อมแซมชิ้นงานยังสูงกว่าช่วงต้นปี 2007 ด้วย แต่หลังจากทำการปรับปรุงเสร็จสิ้น งานซ่อมแซมของโรงงาน PCF1 ก็ลดลงมาอยู่ที่ 8.84%

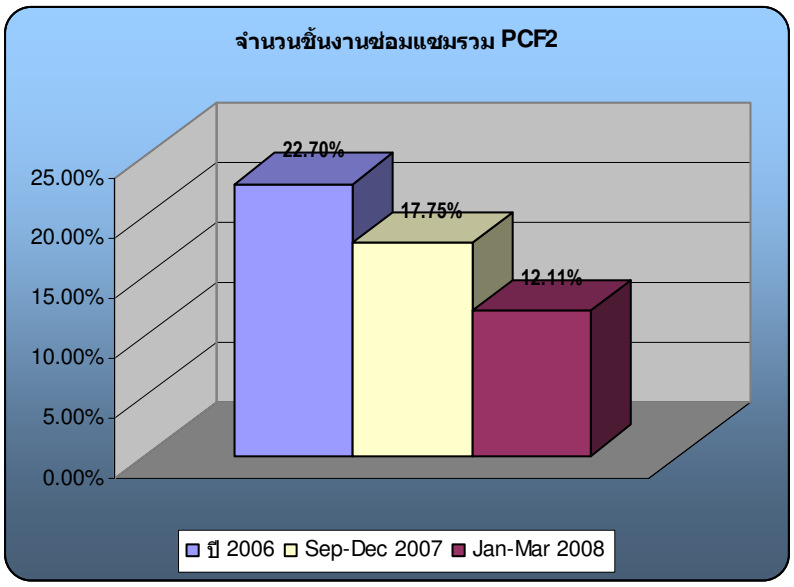




รูปที่ 6.2 แสดงแผนภูมิแท่งเปรียบเทียบผลการปรับปรุงของโรงงาน PCF1 แยกตามข้อบกพร่องการซ่อมแซม

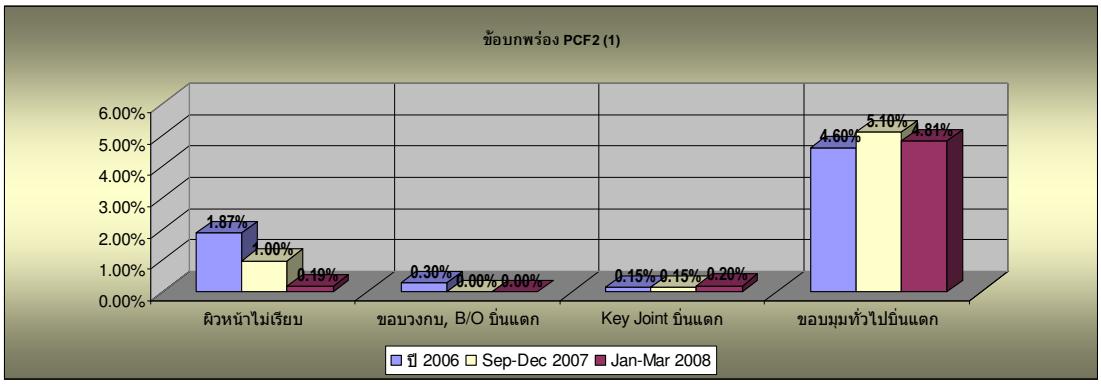
แต่เมื่อทำการพิจารณาสาเหตุการซ่อมแซมแยกตามแต่ละข้อบกพร่องจะพบว่าในบางข้อบกพร่องหลังจากการปรับปรุงเสร็จเรียบร้อยแล้วกลับมีจำนวนงานซ่อมแซมที่สูงขึ้น ซึ่งเมื่อทำการศึกษาในรายละเอียดพบว่าเกิดจากความบกพร่องของพนักงานเป็นส่วนใหญ่และเป็นช่วงที่มีผลิตภัณฑ์รูปแบบใหม่เริ่มทำการผลิต

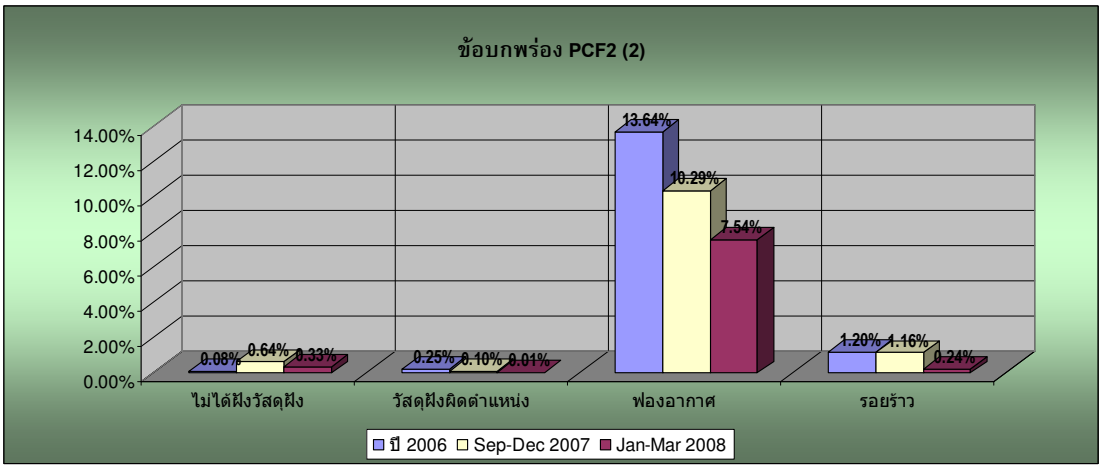
สำหรับแผนภูมิแท่งแสดงการเปรียบเทียบจำนวนชิ้นงานซ่อมแซมของโรงงาน PCF2 แสดงในรูปที่ 6.3 และสามารถที่จะทำการเปรียบเทียบแยกแต่ละข้อบกพร่องของการซ่อมแซมชิ้นงานดังแสดงในรูปที่ 6.4



รูปที่ 6.3 แสดงแผนภูมิแท่งเปรียบเทียบผลการปรับปรุงของโรงงาน PCF2 รวมทุกสาเหตุการซ่อมแซม

และเช่นกันจากแผนภูมิแท่งแสดงจำนวนชิ้นงานซ่อมแซมโรงงาน PCF2 รวมทุกสาเหตุการซ่อมแซม จะสังเกตเห็นได้ว่าในปี 2006 มีจำนวนงานซ่อมที่สูง และในช่วงที่มีการปรับปรุงกระบวนการผลิตและเปลี่ยนแปลงมาตรฐานการตรวจรับชิ้นงานจำนวนงานซ่อมแซมก็ได้ลดลงเรื่อยๆ แต่หลังจากการปรับปรุงเสร็จสิ้นคือช่วงเดือนมกราคมถึงมีนาคมงานซ่อมแซมของโรงงาน PCF2 ก็ลดลงมาอยู่ที่ 12.11%





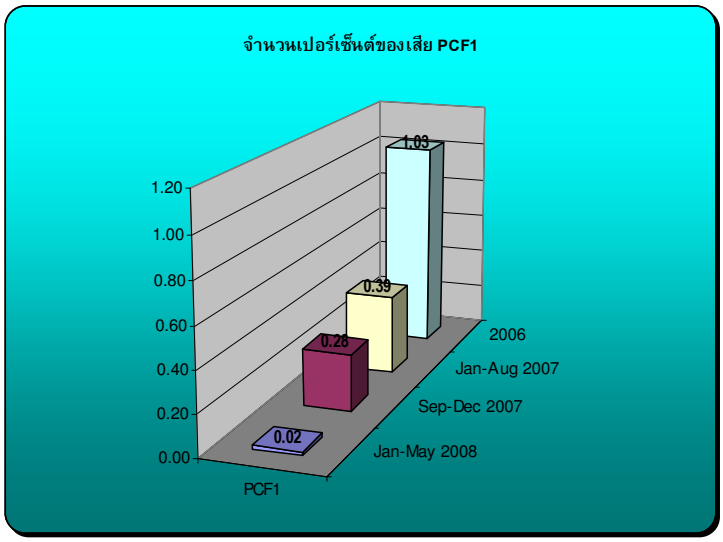
รูปที่ 6.4 แสดงแผนภูมิแท่งเปรียบเทียบผลการปรับปรุงของโรงงาน PCF2 แยกตามข้อบกพร่องการซ่อมแซม

จากแผนภูมิแท่งเปรียบเทียบผลการปรับปรุงของโรงงาน PCF2 แยกตามแต่ละสาเหตุการซ่อมแซมพบว่า ในบางข้อบกพร่องมีค่าสูงกว่าปี 2006 เช่น Key Joint บิ่นแตก, ขอบมุมทั่วไปบิ่นแตก, ไม่ได้ฝังวัสดุฝัง เป็นต้น ซึ่งเกิดจากการปรับเปลี่ยนมาตรฐานการตรวจรับชิ้นงานและข้อบกพร่องจากพนักงานปฏิบัติงานเช่นกัน

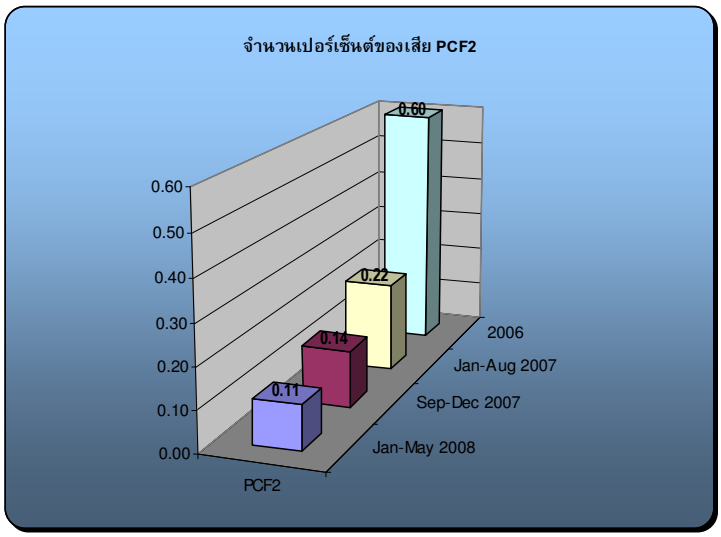
6.1.4 จำนวนเปอร์เซ็นต์ของเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิตของโรงงาน PCF1 และ PCF2

จากการปรับปรุงกระบวนการผลิตด้วยเทคนิค QFD และ PFMEA ทำให้ปริมาณของเสียของบริษัทกรณีศึกษาลดลงโดยที่ผลการปรับปรุงของโรงงาน PCF1 ได้ลดลงจาก 0.39% ในช่วงเดือนมกราคมถึงเดือนสิงหาคม 2007 เหลือ 0.28% ในช่วงเริ่มทำการปรับปรุงกระบวนการผลิตและจากเทคนิค QFD ทำให้มีการปรับเปลี่ยนมาตรฐานการตรวจรับชิ้นงานจึงทำให้จำนวนของ

เสียลดลงไปไม่มากแต่หลังจากการปรับปรุงเสร็จสิ้นและดำเนินการผลิตปกติทำให้ของเสียในช่วงเดือน มกราคมถึงพฤษภาคม 2008 มีของเสียเกิดขึ้นเพียง 0.02% ดังแสดงแผนภูมิแท่งเปรียบเทียบในรูปที่ 6.5 และผลการปรับปรุงของโรงงาน PCF2 ได้ลดลงจาก 0.22% ในช่วงเดือนมกราคมถึงเดือนสิงหาคม 2007 เหลือ 0.14% ในช่วงเริ่มทำการปรับปรุงกระบวนการผลิตและจากเทคนิค QFD ทำให้มีการปรับเปลี่ยนมาตรฐานการตรวจรับชิ้นงานจึงทำให้จำนวนของเสียลดลงไปไม่มาก แต่หลังจากการปรับปรุงเสร็จสิ้นและดำเนินการผลิตทำให้ของเสียในช่วงเดือน มกราคมถึงพฤษภาคม 2008 มีของเสียเกิดขึ้นลดลงเหลือ 0.11% ดังแสดงแผนภูมิแท่งเปรียบเทียบในรูปที่ 6.6



รูปที่ 6.5 แสดงแผนภูมิแท่งเปรียบเทียบของเสียก่อนและหลังการปรับปรุงของโรงงาน PCF1



รูปที่ 6.6 แสดงแผนภูมิแท่งเปรียบเทียบของเสียก่อนและหลังการปรับปรุงของโรงงาน PCF2

6.2 วิเคราะห์ผลการปรับปรุง

จากผลการปรับปรุงในส่วนของของเสียจากกระบวนการผลิตเป็นการรวมในส่วนของเสียจากกระบวนการผลิตที่ได้เกิดขึ้นจากปัจจัยธรรมชาติซึ่งได้หักจำนวนของเสียที่เกิดจากปัจจัยเฉพาะออกไปแล้ว เช่น ในช่วงเวลาที่ทำการปรับปรุงกระบวนการผลิตทางโรงผสมคอนกรีตของทางโรงงานกรณีศึกษาเกิดการขัดข้องไม่สามารถทำการผสมคอนกรีตได้จึงจำเป็นต้องสั่งคอนกรีตจากโรงผสมภายนอก ซึ่งก็ส่งผลให้เกิดจำนวนงานซ่อมแซมและของเสียจำนวนมากในช่วงเวลาดังกล่าว เป็นต้น ซึ่งจากการปรับปรุงสามารถลดการเกิดของเสียของกระบวนการผลิตลงได้

ในส่วนของงานซ่อมแซมจากการปรับปรุงโดยใช้เทคนิค QFD และ PFMEA มีการปรับเปลี่ยนข้อกำหนดทางด้านเทคนิคและมาตรฐานการตรวจรับชิ้นงานให้มีความเข้มงวดยิ่งขึ้นจึงทำให้ในช่วงการปรับปรุงมีจำนวนของงานซ่อมแซมที่เพิ่มขึ้นในบางข้อบกพร่อง แต่สรุปโดยรวมจำนวนงานซ่อมแซมหลังการปรับปรุงเทียบกับก่อนการปรับปรุงพบว่าสามารถลดจำนวนงานซ่อมแซมลงได้

และนอกจากนี้ยังสามารถเพิ่มความพึงพอใจและลดข้อร้องเรียนของลูกค้าภายในตลอดจนทำให้ลูกค้าขั้นสุดท้ายมีความพึงพอใจเพิ่มมากขึ้นด้วย

บทที่ 7
สรุปผลการวิจัย ปัญหาอุปสรรค และข้อเสนอแนะ

7.1 สรุปผลการวิจัย

7.1.1 สภาพปัญหา

สภาพปัญหาที่ได้จากการสำรวจปัญหางานวิจัยของโรงงานบริษัทกรณีศึกษาพบว่า

- ปริมาณการซ่อมแซมชิ้นงานหลังจากกระบวนการผลิตทั้งโรงงาน PCF1 และ PCF2 ของบริษัทกรณีศึกษามีปริมาณสูง 12.30% และ 22.70% สำหรับโรงงาน PCF1 และ PCF2 ตามลำดับ
- จำนวนชิ้นงานเสียที่เกิดขึ้นจำนวน 1.03% สำหรับ PCF1 และ 0.60% สำหรับ PCF2 ซึ่งคิดเป็นมูลค่าความเสียหายถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่สูง
- กระบวนการผลิตและการปฏิบัติงานของพนักงานไม่ปฏิบัติตาม WI และ WI ที่ใช้งานอยู่ก็ไม่เหมาะสมกับการปฏิบัติงานปัจจุบัน และไม่ครอบคลุมทุกกระบวนการผลิต
- ชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปที่ทางโรงงานบริษัทกรณีศึกษาทำการผลิตและได้ผ่านมาตรฐานไม่เป็นที่พึงพอใจกับลูกค้าภายในของบริษัทกรณีศึกษารวมถึงทำให้เกิดความไม่ประทับใจกับผู้บริโภคขั้นสุดท้ายเนื่องจากต้องมีการแก้ไขงานทำให้ความสวยงามของบ้านพักอาศัยลดลง

7.1.2 การเลือกประยุกต์ใช้เทคนิค QFD และ PFMEA กับกรณีศึกษา

จากสภาพของปัญหาที่พบทั้งหมดพบว่าการปรับปรุงคุณภาพของโรงงานส่วนใหญ่จะเป็นการปรับปรุงเพื่อให้กระบวนการผลิตมีความสามารถในการผลิตชิ้นงานที่ผ่านมาตรฐานคุณภาพที่ซึ่งได้มีการกำหนดเอาไว้ แต่ความต้องการของลูกค้าในปัจจุบันมีการเปลี่ยนแปลงไป จึงทำให้การปรับปรุงคุณภาพไม่ได้มุ่งไปที่ความต้องการของลูกค้าที่เปลี่ยนแปลงไปแต่จะเป็นการปรับปรุงเพื่อให้เพียงผ่านมาตรฐานการตรวจสอบคุณภาพเดิมเท่านั้นจึงทำให้ไม่สามารถทำให้ลูกค้าเกิดความพึงพอใจหรือได้รับการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น

ผู้วิจัยได้นำเทคนิค QFD ซึ่งจะเป็นเทคนิคที่ช่วยในการรื้อปรับระบบ (Re-engineering) สำหรับระบบที่ได้มีการออกแบบมาแล้ว โดยการออกมาตรฐานใหม่ที่ตรงกับความต้องการของลูกค้าและอยู่ในขอบเขตที่กระบวนการผลิตสามารถดำเนินการได้ มีการเทียบเคียงกับคู่แข่งขันในตลาด (Benchmarking) เพื่อกำหนดกลยุทธ์ในการดำเนินงาน มาทำการรื้อปรับกระบวนการผลิตให้สอดคล้องกับมาตรฐานใหม่โดยการใช้เทคนิค PFMEA ในการวิเคราะห์ปรับปรุง

ซึ่งเทคนิค PFMEA ในการวิเคราะห์จะกระทำภายใต้สมมุติฐานที่ว่าชิ้นส่วนทุกชิ้นส่วนได้รับการออกแบบอย่างถูกต้องเพื่อวิเคราะห์หน้าที่ของกระบวนการผลิต วิเคราะห์สาเหตุตลอดจนการควบคุมกระบวนการผลิตให้สอดคล้องกับข้อกำหนดทางเทคนิคที่ได้จากความต้องการของลูกค้าที่แท้จริง

ผู้วิจัยจึงเลือกประยุกต์ใช้เทคนิค QFD และ PFMEA ปรับปรุงคุณภาพและกระบวนการผลิตของบริษัทกรณีศึกษาซึ่งเป็นโรงงานผลิตชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป

7.1.3 **การปฏิบัติการแก้ไขและป้องกันปัญหาผลิตภัณฑ์ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด**

ในการปรับปรุงในครั้งนี้ได้เน้นการปรับปรุงเพื่อเพิ่มความพึงพอใจของลูกค้าให้สูงขึ้นและลดจำนวนของเสียและงานซ่อมแซมจากกระบวนการผลิตชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปซึ่งได้นำเทคนิค QFD และ PFMEA มาประยุกต์ใช้กับกรณีศึกษานี้ โดยการศึกษาถึงปัญหาเบื้องต้นและความต้องการของลูกค้าที่มีต่อผลิตภัณฑ์ชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปที่ได้รับจากโรงงานเพื่อทำการค้นหาความต้องการที่แท้จริงแล้วแปรความต้องการนั้นมาเป็นข้อกำหนดทางด้านผลิตภัณฑ์ที่ทางโรงงานมีความสามารถที่จะทำการผลิตได้และเป็นที่ยอมรับได้ของลูกค้า เมื่อได้ข้อกำหนดทางด้านเทคนิคใหม่แล้วก็ทำการปรับปรุงกระบวนการผลิตให้สอดคล้องและแก้ไขข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นและมีแนวโน้มอาจจะเกิดขึ้นด้วยเทคนิค PFMEA ซึ่งในการปรับปรุงสามารถสรุปได้ดังในตารางที่ 7.1 สำหรับโรงงาน PCF1 และตารางที่ 7.2 สำหรับโรงงาน PCF2

ตารางที่ 7.1 สรุปปัญหา สาเหตุและการปรับปรุงของโรงงาน PCF1

กระบวนการ	สาเหตุ	การปรับปรุง
วาง B/O		
ยึดแม่เหล็กล็อก B/O	สภาพของแม่เหล็กชำรุด หรือไม่ถูกชนิด หรือไม่ได้ทำการกดแม่เหล็กล็อก	ปรับแก้หูชุดล็อกให้สามารถทำการล็อกด้วยชุดล็อกทั้ง 2 แบบ, เสริมตัวล็อกแม่เหล็กให้เพียงพอกับแต่ละแบบของชิ้นงาน, ทำสัญลักษณ์บนชุด B/O พร้อมทาสีแยกชนิดและอบรมการทำงานตาม WI
ติดตั้งวัสดุฝัง		
ติดตั้งวัสดุฝัง	การใส่ และติดตั้งวัสดุฝังไม่ครบตามแบบ	จัดทำสรุปจำนวนวัสดุฝังที่ต้องการใช้งานมาในแบบเพื่อนับจำนวนในการใส่วัสดุฝัง และพนักงานสามารถตรวจสอบงานของตัวเองได้ และจัดระเบียบห้องเก็บวัสดุฝัง จัดทำป้ายชื่อจัดหาภาชนะใส่แยกตามชนิดและขนาด
	การติดตั้งผิดตำแหน่งไปจากแบบ	ปรับปรุงกระบวนการฝังให้มีการตรวจสอบแบบสองชั้นที่พนักงานสามารถตรวจสอบงานของตัวเองได้
	การติดกาวไม่แน่นหนา	จัดซื้อปืนกาวชุดใหม่, แท่งกาวแบบใหม่ และปรับปรุงมาตรฐานการปฏิบัติงานและอบรม
การตรวจสอบก่อนเท		
ตรวจสอบการติดตั้งวัสดุฝัง	การติดตั้งไม่เรียบร้อย ไม่แน่นหนา, การติดตั้งไม่ครบตามจุดที่พล็อตมา และการตรวจสอบไม่เข้มงวดเพียงพอ	พัฒนาจัดทำฐานข้อมูลการตรวจสอบและการทำงานของช่างเทคนิคแต่ละคน และให้แผนกเทคอนกรีตทำการตรวจสอบซ้ำอีกครั้งทั้งก่อนและระหว่างทำการเทคอนกรีต
การเทคอนกรีตและการเขย่าคอนกรีต		
	เกิดการเลื่อนของ B/O , การล็อก B/O ไม่แน่นหนาเพียงพอ	ให้พนักงานทำการขีดเส้นขอบเพื่อป้องกันการเลื่อนทุกๆมุม, เสริมตัวล็อกแม่เหล็กให้เพียงพอกับแต่ละแบบของชิ้นงาน และใช้หมุดยึดที่จะบ่งบอกได้เมื่อเกิดการเลื่อนของ B/O นอกจากนั้นก็จัดทำ WI ใหม่และอบรมให้พนักงานมีความเข้าใจในการทำงาน
	เกิดการเลื่อนของ Shuttering , การล็อก Shuttering ไม่แน่นหนาเพียงพอ	สำหรับ Shutering ให้พนักงานทำการขีดเส้นขอบเพื่อป้องกันการเลื่อนทุกๆมุม, รัดสายรัดเพิ่มก่อนการเทคอนกรีตและจัดทำเป็น WI ใหม่

ตารางที่ 7.2 สรุปปัญหา สาเหตุและการปรับปรุงของโรงงาน PCF2

กระบวนการ	สาเหตุ	การปรับปรุง
ทำความสะอาดแบบหล่อ		
ทำความสะอาดซีลยาง, ทำความสะอาด Key Joint, ทำความสะอาดร่องบัว	ซีลยางหมดอายุ หรือซีลยางถูกของมีคมบาดขาด, การทำความสะอาดไม่เพียงพอ, การทำความสะอาดเข้าไม่ถึงมุมภายในของร่องบัว	ทดสอบและสั่งซื้อซีลยางชุดใหม่เพื่อมาทำการเปลี่ยน, ประชุมกลุ่มย่อยก่อนการปฏิบัติงานของแต่ละชุดกะทำงาน และปรับปรุง WI ใหม่ที่ทำงานง่ายและกำหนดความรับผิดชอบเฉพาะบุคคล
การทาน้ำยาทาแบบ		
การทาน้ำยาทาแบบ	การทาน้ำยาทาแบบเข้าไม่ถึงขอบมุมด้านใน	ปรับปรุง WI ใหม่และให้ผู้รับเหมาร่วมมีความรับผิดชอบ
	พนักงานไม่ทราบถึงขนาดของแบบที่จะหล่อก่อนทาน้ำยา หรือพนักงานไม่มีความรู้ในการอ่านแบบหล่อ	จัดทำเอกสารหรือมีการแจ้งให้กับพนักงานทาน้ำยาทาแบบทราบถึงขนาดของชิ้นงานก่อนทา และอบรมการอ่านแบบ
การประกอบแบบหล่อ		
การล็อกแบบหล่อ, ประกบแบบหล่อ	การประกอบแบบหล่อไม่สนิท, แบบหล่อชำรุด, สลักล็อกชำรุด, การประกอบแบบไม่สนิท ,ไม่ได้ล็อกสลักล็อก , เกลียวเร่งล็อกไม่แน่น ,ซีลยางขาด	ทำการซ่อมแซมแบบหล่อและจัดหาอุปกรณ์สำหรับการใช้งานแบบหล่อให้ครบถ้วน, จัดทำ Check list ของการตรวจสอบโมลและการประกอบโมลแต่ละแบบเพื่อเป็นการตรวจเช็คการใช้งานได้ดีของโมล จัดช่วงเวลาในการออกตรวจเช็คโมล ทุก 1 อาทิตย์ เพื่อประสานการทำงานร่วมกับฝ่ายซ่อมบำรุง และทำข้อตกลงเพิ่มกับผู้รับเหมาเกี่ยวกับหน้าที่รับผิดชอบทั้งหมด เช่น B/O, Key Joint, อุปกรณ์จี้คอนกรีต เป็นต้น
การติดตั้งเหล็กเสริมและประกอบวัสดุฝัง		
ติดตั้งเหล็กเสริมในเซลล์	การติดตั้งไม่ถูกต้อง , ลูกปูนเอียง , การติดตั้งลูกปูนไม่เพียงพอ (กรณี vary)	ปรับปรุง WI ใหม่ กำหนดจุดสำคัญที่ต้องปฏิบัติอย่างเคร่งครัด และให้ผู้รับเหมาร่วมมีความรับผิดชอบ
การตรวจสอบก่อนการเทคอนกรีต		
การตรวจสอบการประกอบแบบหล่อ	การประกอบแบบหล่อไม่แนบสนิท เนื่องจากในการประกอบไม่มีการตรวจเช็คความเรียบร้อยว่าแบบหล่อได้ประกบกันแน่นแล้ว, มีเศษปูน หรือวัสดุไปขัดขวางการประกบแบบหล่อ	ทำมาตรฐานการทำงานในการถอดและประกอบแบบหล่อใหม่ และทำการอบรมพนักงานทั้งในห้องอบรมและการสอนงานที่หน้างานด้วย
เตรียมอุปกรณ์การเทคอนกรีต		
อุปกรณ์เทคอนกรีต	อุปกรณ์ที่ใช้เทคอนกรีตไม่เหมาะสม ทำให้การเทลำบากและคอนกรีตเกิดการแยกตัว	ออกแบบกรวยเทคอนกรีตใหม่และทำการสั่งผลิตเข้ามาใช้งาน และปรับปรุงกระบวนการเทคอนกรีตให้รวดเร็วขึ้น
เครื่องจี้คอนกรีต	เครื่องจี้มีความยาวไม่เพียงพอ หรือจำนวนเครื่องไม่เพียงพอกับการใช้งาน	ปรับปรุงใบตรวจสอบของช่างเทคนิคให้ทำการตรวจเช็คการทำงาน และเพิ่มจำนวนเครื่องจี้คอนกรีตให้มากเพียงพอกับเวลาการทำงาน
การบ่มคอนกรีต		
การบ่มคอนกรีต	การบ่มคอนกรีตน้อยกว่า 8 ชั่วโมง (ซึ่งเป็นมาตรฐานการบ่มของทางบริษัท) แล้วทำการถอดแบบหล่อออกก่อนเวลาบ่มคอนกรีตดังกล่าว	ทำป้ายบอกเวลาในการบ่มคอนกรีต และจัดหานาฬิกามาติดตั้งเป็นนาฬิกากลาง และจัดให้ชิ้นงานได้รับการบ่มไม่น้อยกว่า 8 ชั่วโมงโดยกำหนดผู้รับผิดชอบ

7.1.4 ผลการวิจัย

หลังจากทำการปรับปรุงทำให้จำนวนชิ้นงานซ่อมแซมรวมของโรงงาน PCF1 ลดลงจาก 12.26% เหลือ 10.15% ในช่วงระหว่างการปรับปรุงและหลังปรับปรุงเสร็จสิ้นลดลงมาเหลือ 8.84% โรงงาน PCF2 ลดลงจาก 22.70% เหลือ 17.75% ในช่วงระหว่างการปรับปรุงและหลังปรับปรุงเสร็จสิ้นลดลงมาเหลือ 12.11% ในส่วนของจำนวนของเสียของโรงงาน PCF1 ลดลงจาก 0.39% เหลือ 0.28% ในช่วงระหว่างการปรับปรุงและเหลือ 0.02% หลังจากการปรับปรุงเสร็จสิ้น โรงงาน PCF2 ลดลงจาก 0.22% เหลือ 0.14% ในช่วงระหว่างการปรับปรุงและเหลือ 0.11% หลังจากการปรับปรุงเสร็จสิ้น (โดยสาเหตุที่ทั้งจำนวนของเสียและจำนวนงานซ่อมแซมที่เกิดจากโรงงาน PCF1 ลดลงในปริมาณมากกว่าโรงงาน PCF2 นั้น เนื่องจากกระบวนการผลิตของโรงงาน PCF1 เป็นระบบการผลิตแบบกึ่งอัตโนมัติและใช้พนักงานผลิตที่เป็นพนักงานประจำของบริษัทกรณีศึกษาเอง ส่วนโรงงาน PCF2 เป็นระบบการผลิตแบบใช้พนักงานผลิตจากผู้รับเหมาช่วง ซึ่งมีปัญหาทางด้านอัตราการเข้าออกของพนักงานที่สูงและระดับการศึกษาที่ต่ำจึงทำให้ขาดประสบการณ์ในการปฏิบัติงานและทำความเข้าใจกระบวนการทำงานได้ช้า ส่งผลให้การปรับปรุงกระบวนการผลิตขาดความต่อเนื่อง) และนอกจากนี้ก็ทำให้ความพึงพอใจของลูกค้าหลังการปรับปรุงเพิ่มขึ้นด้วย

7.2 ปัญหาและอุปสรรคในการวิจัย

1) จิตสำนึกในเรื่องคุณภาพของพนักงานค่อนข้างน้อยและไม่ปฏิบัติตามมาตรฐานการปฏิบัติงานที่ได้กำหนดเอาไว้ ซึ่งส่งผลโดยตรงกับคุณภาพของชิ้นงานและข้อบกพร่อง ทำให้หลังจากที่ทำการปรับปรุงไปแล้วเมื่อไม่ได้ทำการควบคุมที่เคร่งครัดก็ละเลยการปฏิบัติงานที่ถูกต้อง

2) การที่อัตราการหมุนเวียนของพนักงาน (Turn Over) สูง ส่งผลให้การฝึกอบรมไม่ต่อเนื่องจึงต้องใช้วิธีการสอนงานที่หน้างาน (on the job training) ซึ่งก็ทำให้พนักงานที่ปฏิบัติงานไม่มีประสบการณ์ที่ดีเพียงพอ

3) พนักงานขาดแรงจูงใจในการปฏิบัติงานเนื่องจากยังคงไม่มีเกณฑ์การประเมินผลการปฏิบัติงานที่ชัดเจนเพียงพอจึงทำให้การบ่งชี้ความผิดและความถูกต้องของแต่ละคนทำไม่ได้ และไม่มีสิ่งที่จูงใจที่จะทำให้พนักงานสนใจที่จะพัฒนาการปฏิบัติงานของตน

4) ขาดการประสานงานและให้ความร่วมมือที่ดีของพนักงานและวิศวกรทั้งในแผนกเดียวกันและต่างแผนกกัน เพราะว่าพนักงานคิดว่าเป็นการเพิ่มภาระหน้าที่ในการปฏิบัติงาน โดยที่อาจจะส่งผลเสียถึงตนเอง ทำให้เกิดการปฏิเสธการปฏิบัติหรือแก้ไขในบางเรื่อง

5) การเก็บข้อมูลจากการวิจัยและการบันทึกผล จากงานวิจัยนี้มีการปรับเปลี่ยนมาตรฐานการตรวจรับชิ้นงานรวมถึงแบบฟอร์มในการตรวจสอบชิ้นงานจึงทำให้การเปรียบเทียบก่อนและหลังการปรับปรุงในบางข้อบกพร่องไม่สามารถทำการเปรียบเทียบได้โดยตรงจึงใช้การประมาณค่าเทียบเคียงแทน

6) ภาระในการปฏิบัติงานของพนักงานและวิศวกรมีปริมาณมากจึงทำให้การทำวิจัยในครั้งนี้ต้องใช้เวลาในการทำวิจัยนานกว่าแผนที่วางไว้ เพื่อให้การทำวิจัยครั้งนี้เป็นไปด้วยความราบรื่นและสมบูรณ์

7.3 ข้อเสนอแนะ

1) ในการประยุกต์ใช้เทคนิค QFD ในงานวิจัยนี้เนื่องจากข้อจำกัดทางด้านข้อมูลการวิจัยจากปัจจัยภายนอกและข้อมูลจากฝ่ายการตลาดและงานออกแบบไม่ได้นำมาพิจารณาร่วมด้วย ดังนั้นในการประยุกต์ใช้ในครั้งต่อไปควรที่จะนำข้อมูลดังกล่าวมาใช้ในการวิเคราะห์ร่วมด้วยเพื่อให้เกิดผลลัพธ์ที่ครอบคลุมยิ่งขึ้น

2) ควรนำเอากรณีศึกษานี้ไปขยายผลกับผลิตภัณฑ์ชนิดอื่นๆให้ครอบคลุมทุกผลิตภัณฑ์ในโรงงานบริษัทกรณีศึกษา

3) ควรจัดการอบรมเพื่อพัฒนาบุคลากรในด้านความรู้พื้นฐานต่างๆเพื่อให้สอดคล้องกับการดำเนินการปรับปรุง และพนักงานสามารถร่วมปฏิบัติงานได้เป็นอย่างดีและมีแนวทางเดียวกัน

4) ควรทำการปรับปรุงกระบวนการผสม จัดเก็บ และควบคุมคุณภาพในส่วนของโรงงานผสมคอนกรีตให้ได้ค่า Slump และองค์ประกอบอื่นตามสูตรเนื่องจากคอนกรีตที่ผสมได้นั้นจะเป็นวัตถุดิบที่สำคัญสำหรับกระบวนการผลิตของทั้งโรงงาน PCF1 และ PCF2 และถือเป็นปัจจัยที่สำคัญสิ่งหนึ่งที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องต่างๆในกระบวนการผลิต

5) ควรมีการจัดสรรภาระหน้าที่ในการปฏิบัติงานที่เหมาะสมและเท่าเทียมกันในแต่ละส่วน อาจจะมีการส่งเสริมและจูงใจพนักงานในการปฏิบัติหน้าที่โดยกำหนดเป็นนโยบายของบริษัทที่ชัดเจน

6) การปรับปรุงควรที่จะมีทีมงานจัดการงานซ่อมบำรุงเป็นของเฉพาะส่วนงานของโรงงาน PCF2 เพราะมีปัญหาในเรื่องการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องมือและอุปกรณ์อยู่ตลอดเวลาโดยที่ไม่ได้รับการแก้ไข

7) มีการสำรวจความพึงพอใจของลูกค้าที่มีต่อผลิตภัณฑ์ตามรอบระยะเวลาเพื่อทำการประเมินถึงระดับความพึงพอใจและรับทราบถึงปัญหาที่เกิดขึ้นได้ รวมถึงการนำความต้องการของลูกค้าที่เกิดขึ้นใหม่มาทำการวิจัยและพัฒนา (R&D) รูปแบบและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ให้ตอบสนองโจทย์ความต้องการของลูกค้า

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กิตติศักดิ์ อนุรักษสกุล. การวิเคราะห์และลดของเสียในกระบวนการ ขึ้นรูปชิ้นส่วนโครงร่างยานยนต์ โดยใช้เทคนิค FMEA. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2545.

ชัชวาลย์ เศรษฐบุตร. คอนกรีตเทคโนโลยี. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: คอนกรีตผสมเสร็จซีแพค, 2536.

ชัชวาลย์ เศรษฐบุตร, สมหวัง แม้นพิมลชัย, สมชาย จิตต์วโรดม, ธีรยุทธ พันธ์มีเชาว์. Cement and Applications ปูนซีเมนต์และการประยุกต์ใช้งาน. บริษัท ปูนซีเมนต์ไทยอุตสาหกรรม จำกัด, 2548.

เดย์ ยิ่งชล. การประยุกต์เทคนิคคิวเอฟดีเพื่อปรับปรุงคุณภาพของงานบริการในฝ่ายขายของบริษัทจำหน่ายรถบรรทุก. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2543.

ทิพากร วงษ์นาม. การลดของเสียในอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนยางของรถจักรยานยนต์โดยเทคนิค FMEA. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2548.

ธนะศักดิ์ ทุเรียน. การพัฒนาระบบควบคุมคุณภาพ: กรณีศึกษาโรงงานผลิตชิ้นส่วนยาง. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2543.

นิพนธ์ ชวนะปราณี. การประยุกต์ใช้เทคนิค FMEA และ FTA ในงานการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์สายไฟฟ้า. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2543.

บริษัท ทีมบิลท์ จำกัด. http://teambuilt.thaiftc.com/page.php?news_ID=9 (Source: http://home.kku.ac.th/bchumn/integrate/prefab.html)[Online]. 127/5 อาคารปัญจธานีทาวเวอร์ ชั้น 5 ห้องดี ถนนนนทรี เขตยานนาวา กรุงเทพฯ 10120: บริษัท ทีมบิลท์ จำกัด. คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น: ผศ.ดร.ชำนาญ บุญญาพุทธิพงศ์, 27 เมษายน 2550.[15 กันยายน 2550]

บริษัท ฟูจิกซ์(ไทยแลนด์) จำกัด. http://www.precastthai.com. 244/8 หมู่ที่ 1 ถนนเทพารักษ์ ตำบลบางเสาธง กิ่งอำเภอบางเสาธง จังหวัดสมุทรปราการ 10540: บริษัท ฟูจิกซ์(ไทยแลนด์) จำกัด.[10 สิงหาคม 2550]

วทัญญู สันตินิยม. การปรับปรุงคุณภาพการออกแบบและวางแผนก่อสร้างบ้านพักอาศัยแบบเดี่ยวโดยใช้หลักการ QFD. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2549.

สายรุ้ง อินทร์เลิศ. การประยุกต์เทคนิคคิวเอฟดีเพื่อพัฒนาโครงสร้างระบบประกันคุณภาพในโรงพิมพ์ประเภทการผลิตหนังสือ: กรณีศึกษา. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2542.

อินทิรา เหล่าศรีมงคล. การประยุกต์แนวทาง FMEA เพื่อลดของเสียในผลิตภัณฑ์หล่อเหล็ก. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2547.

อมรรัตน์ ปินตา และ อรรถกร เก่งพล. การปรับปรุงสินค้าโดยการประยุกต์ใช้เทคนิคการแปลงหน้าที่ทางคุณภาพ (QFD): กรณีศึกษาโรงงานผลิตของเล่นไม้เพื่อการศึกษา. วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ 13, 4 (ต.ค.-ธ.ค. 2546): 36-42.

ภาษาอังกฤษ

Allen and Edward. Fundamentals of Building Construction: Materials and Methods. New York: John Wiley & Sons, 1985.

Daimler Chrysler Corporation, Ford Motor Company, General Motors Corporation. Potential Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) Reference Manual. Third Edition. July 2001.

Irem Dikmen, M. Talat Birgonul, Semiha Kiziltas. Strategic use of quality function deployment (QFD) in the construction industry. Building and Environment 40 (2005): 245-255.

Simmons and H. Leslie. Construction: Principles, Materials, and Methods. Seven Edition. New York: John Wiley & Sons, 2001.

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. FMEA การวิเคราะห์อาการขัดข้องและผลกระทบ. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2550.

บุษบง เจริญพันธ์โยธิน. กระบวนการก่อสร้างที่อยู่อาศัยโดยระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูป: กรณีศึกษาโครงการชลลดา รัตนาธิเบศร์. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาเคหการ ภาควิชาเคหการ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2545.

ประณต กุลประสูตร. เทคนิคงานปูน-คอนกรีต. พิมพ์ครั้งที่ 6 ฉบับปรับปรุง. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2548.

วิชาญ วรรณา. ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดเหล็กปลายสั้น สำหรับกระบวนการหล่อเหล็กแท่งแบบต่อเนื่อง โดยวิธีการออกแบบการทดลอง. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2545.

ศิริวดี เอื้ออรัญโชติ. การลดการปนเปื้อนจากกระบวนการผลิตหัวอ่าน-เขียนสำหรับคอมพิวเตอร์โดยการประยุกต์ใช้วิธีการซิกซ์ ซิกม่า. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2546.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. ชิ้นส่วนคอนกรีตเสริมเหล็กอัดแรงหล่อสำเร็จสำหรับระบบพื้นประกอบ: Precast prestressed concrete elements for composite floor systems. กรุงเทพฯ: สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2546.

ภาษาอังกฤษ

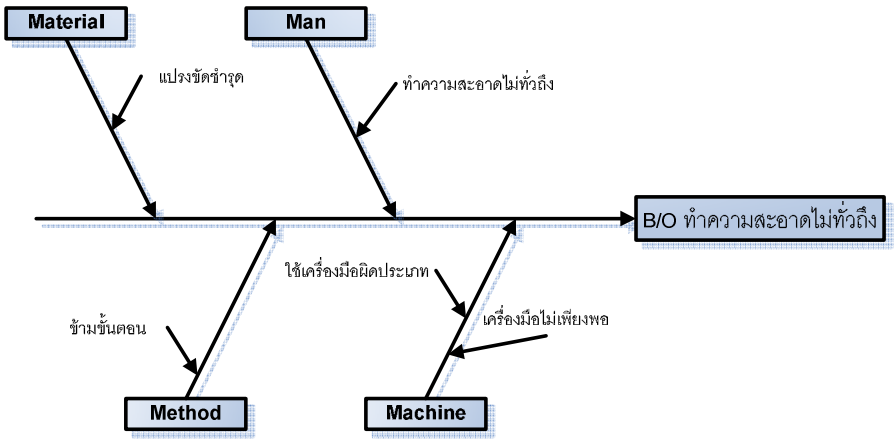
Joseph J. Waddell. Precast Concrete: Handling and Erection. American Concrete Institute monograph no.8. American Concrete Institute: The IOWA State University Press, 1974.

Majed Al-Mashari. Key enablers for the effective implementation of QFD: a critical analysis. Industrial Management & Data Systems 5, 9 (2005): 1245-1260.

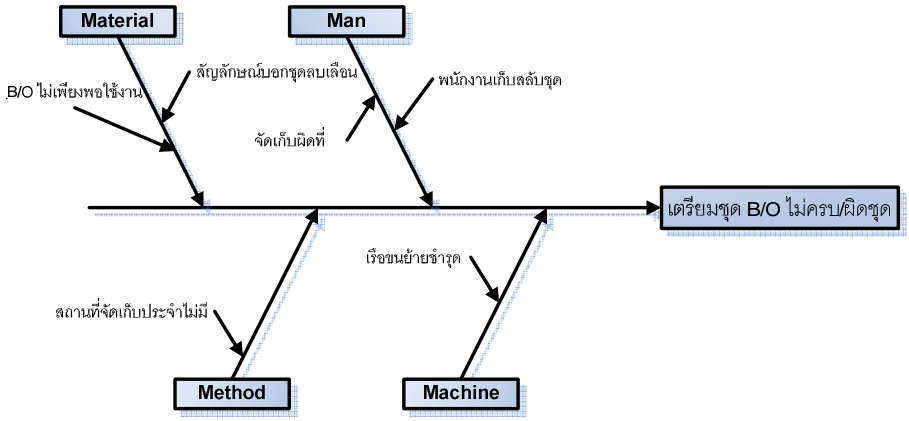
Prestressed Concrete Institute. Architectural precast concrete. Chicago Ill.: Prestressed Concrete Institute, 1973.

ภาคผนวก

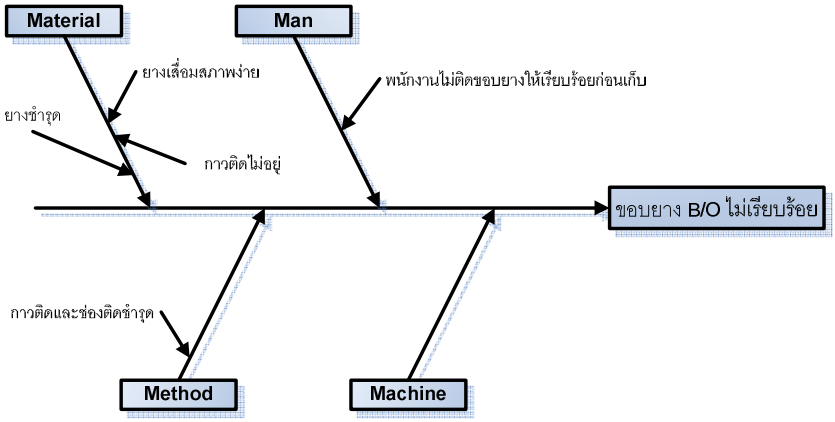
ภาคผนวก ก. แผนผังก้างปลาสำหรับการวิเคราะห์ข้อบกพร่องของโรงงาน PCF1



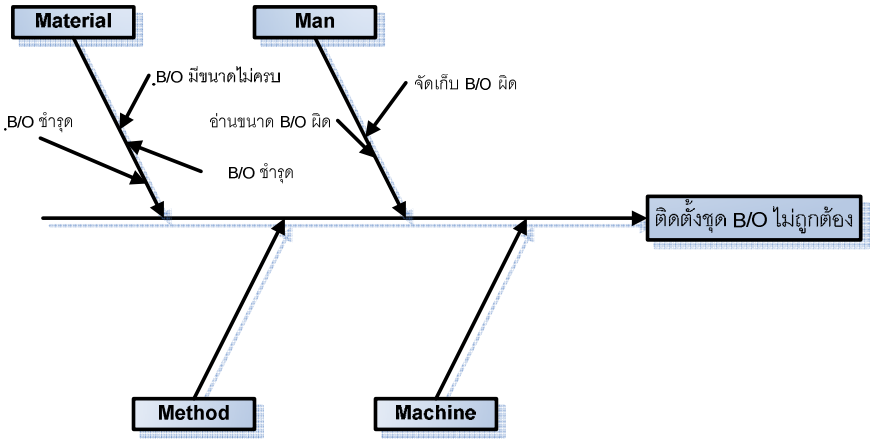
รูปที่ ก-1 การวิเคราะห์สาเหตุ B/O ทำความสะอาดไม่ทั่วถึง



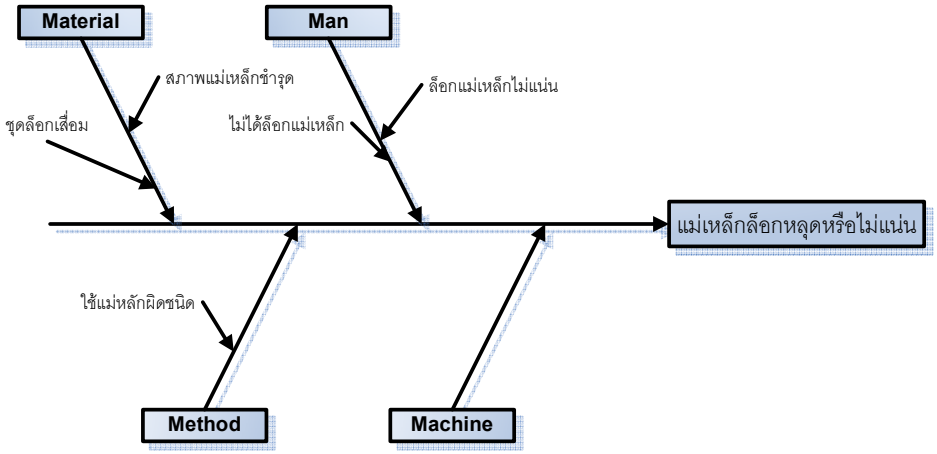
รูปที่ ก-2 การวิเคราะห์สาเหตุเตรียมชุด B/O ไม่ครบถ้วนหรือผิดชุด



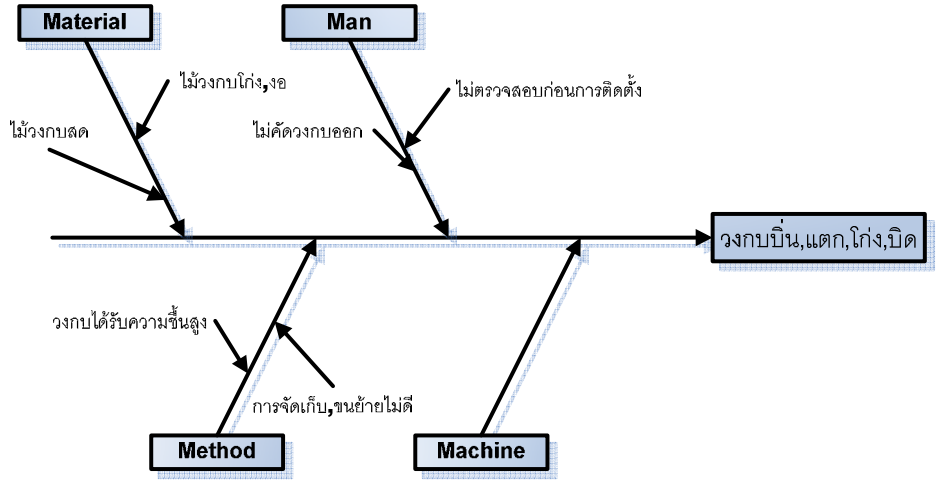
รูปที่ ก-3 การวิเคราะห์สาเหตุขอบยางของ B/O ขาดหรือไม่เรียบร้อย



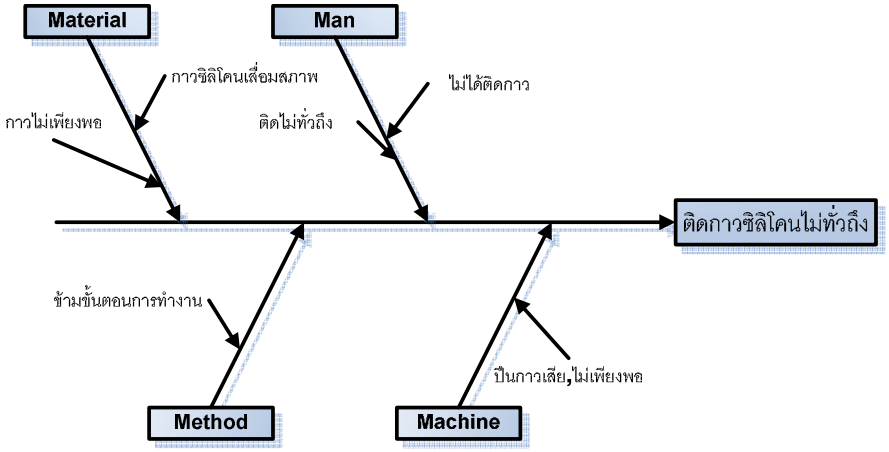
รูปที่ ก-4 การวิเคราะห์สาเหตุการติดตั้งชุด B/O ไม่ถูกต้อง



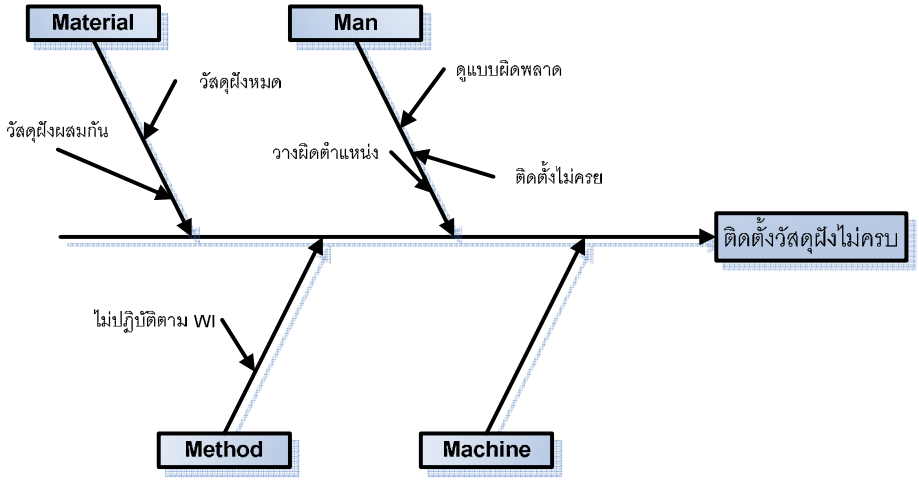
รูปที่ ก-5 การวิเคราะห์สาเหตุแม่เหล็กล็อกเกิดการหลุดหรือล็อกไม่แน่น



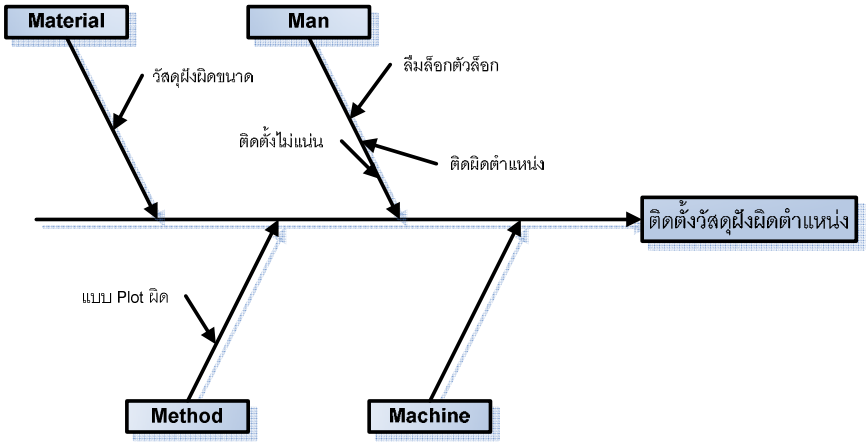
รูปที่ ก-6 การวิเคราะห์สาเหตุการเกิดวงกบบิ่น แตก โก่ง บิด



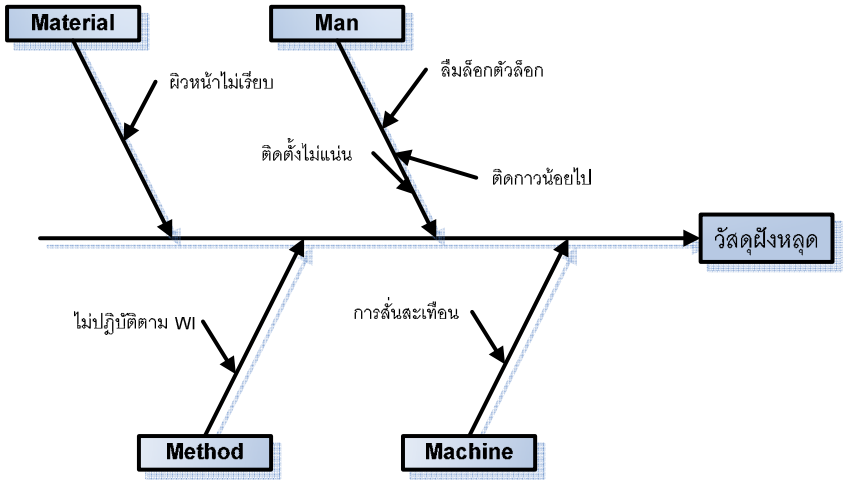
รูปที่ ก-7 การวิเคราะห์สาเหตุการติดกาวซิลิโคนไม่ทั่วถึงหรือไม่ได้ติดกาว



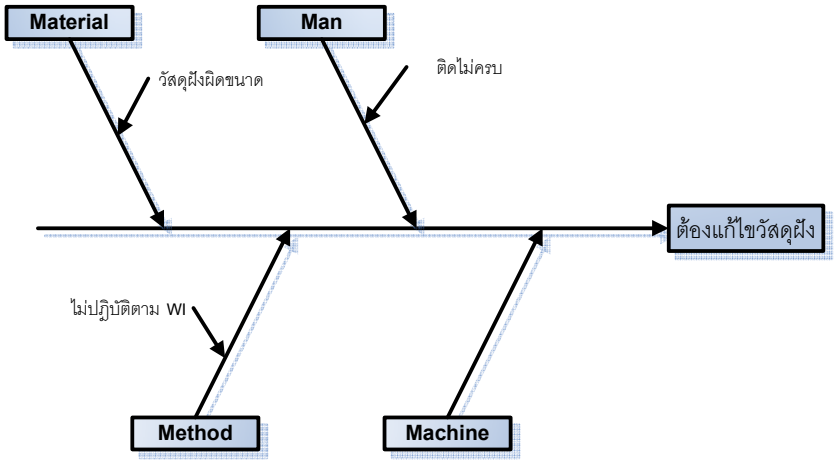
รูปที่ ก-8 การวิเคราะห์สาเหตุการติดตั้งวัสดุฝังไม่ครบตามแบบ



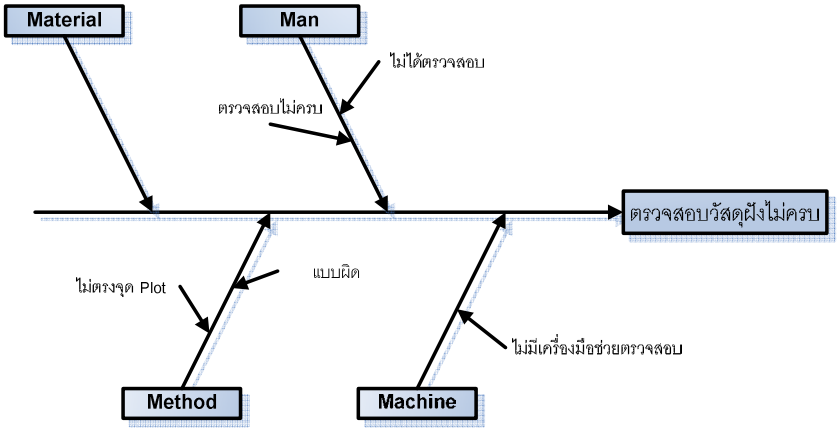
รูปที่ ก-9 การวิเคราะห์สาเหตุการติดตั้งวัสดุฝังที่ผิดไปจากตำแหน่งที่ Plot หรือผิดจากแบบ



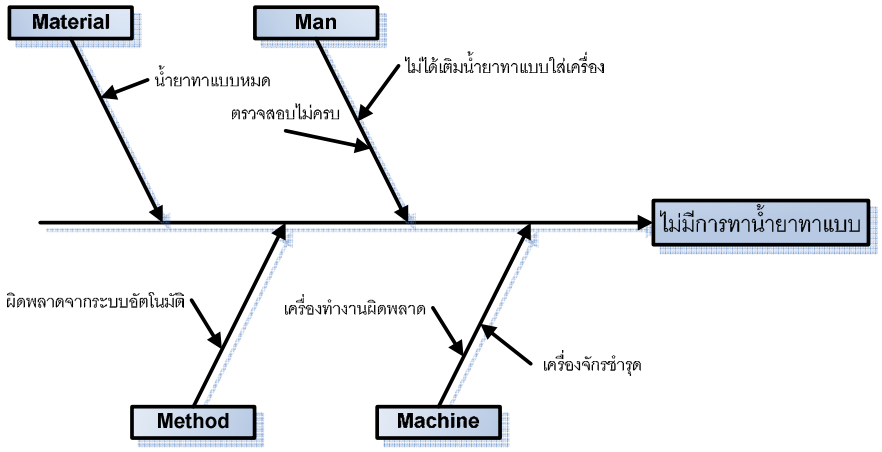
รูปที่ ก-10 การวิเคราะห์สาเหตุที่ทำให้วัสดุฝังเกิดการหลุด



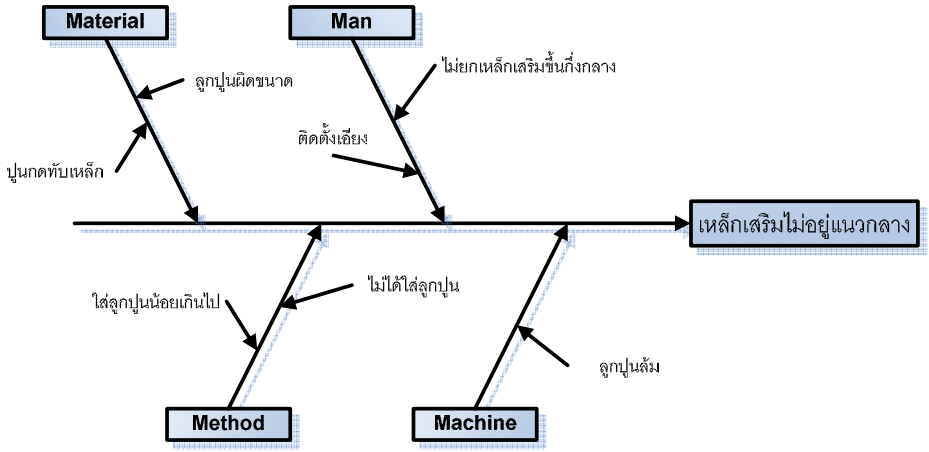
รูปที่ ก-11 การวิเคราะห์สาเหตุที่ต้องทำการแก้ไขวัสดุฝังหลังจากติดตั้งไปแล้ว



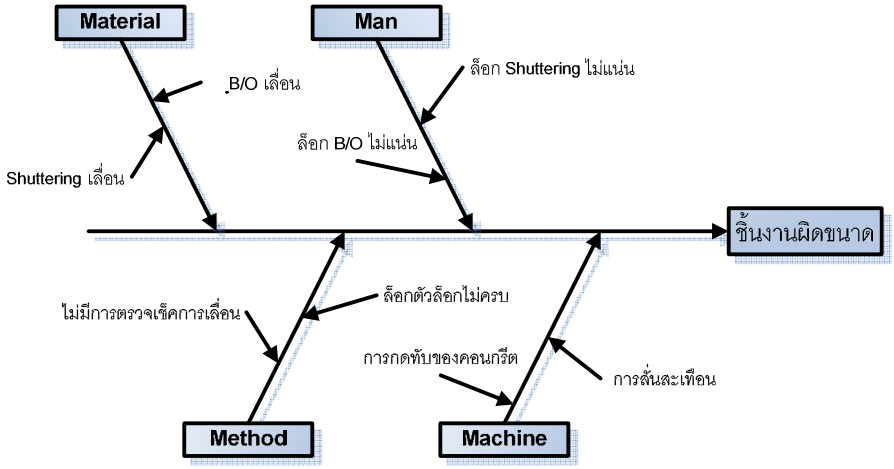
รูปที่ ก-12 การวิเคราะห์สาเหตุการตรวจสอบวัสดุฝังทำการตรวจสอบได้ไม่ครบถ้วน



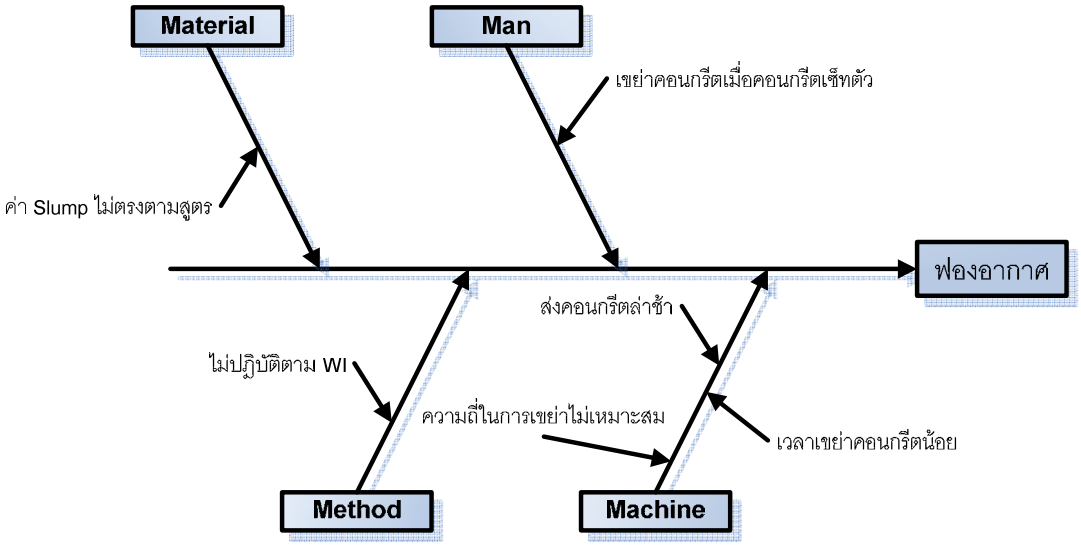
รูปที่ ก-13 การวิเคราะห์สาเหตุที่ไม่มีการทาน้ำยาทาแบบมาจากกระบวนการทาน้ำยาทาแบบ



รูปที่ ก-14 การวิเคราะห์สาเหตุที่เหล็กเสริมไม่อยู่แนวกลางของแผ่นชิ้นงาน

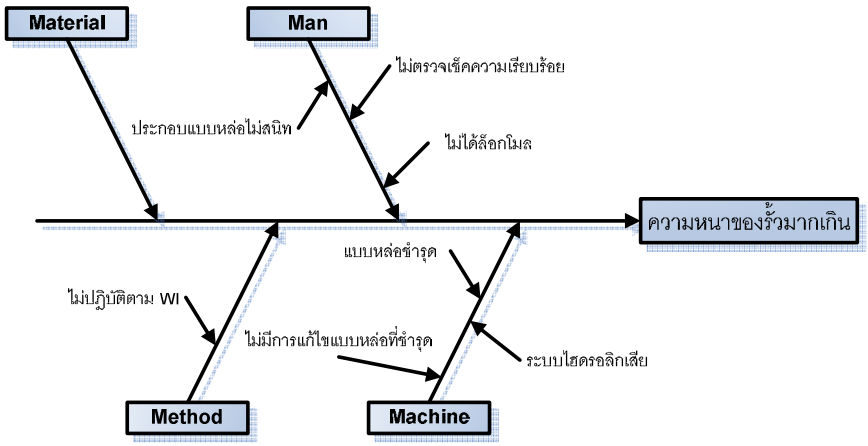


รูปที่ ก-15 การวิเคราะห์สาเหตุที่ทำให้เกิดการผิดขนาดของชิ้นงาน

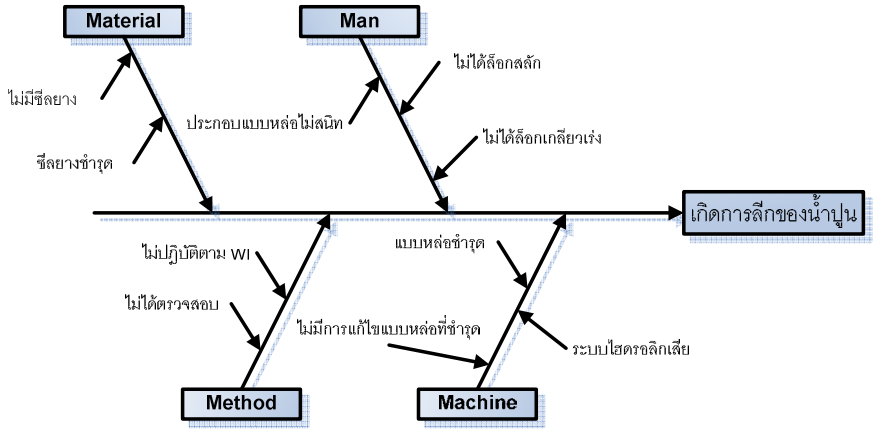


รูปที่ ก-16 การวิเคราะห์สาเหตุการเกิดฟองอากาศ

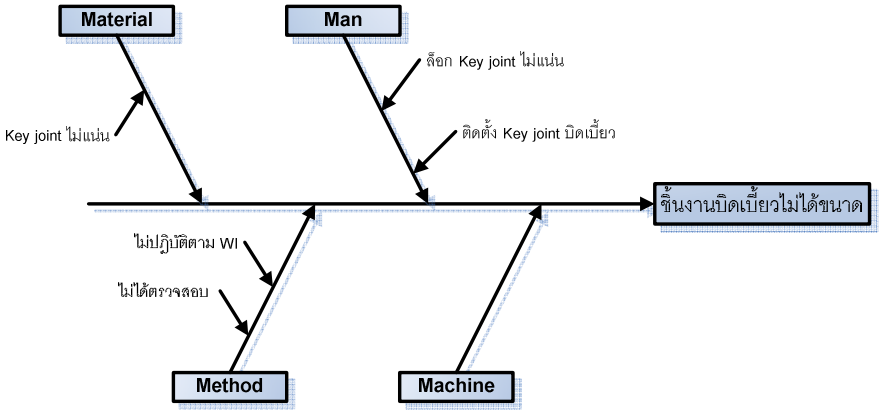
ภาคผนวก ข. แผนผังก้างปลาสำหรับการวิเคราะห์ข้อบกพร่องของโรงงาน PCF2



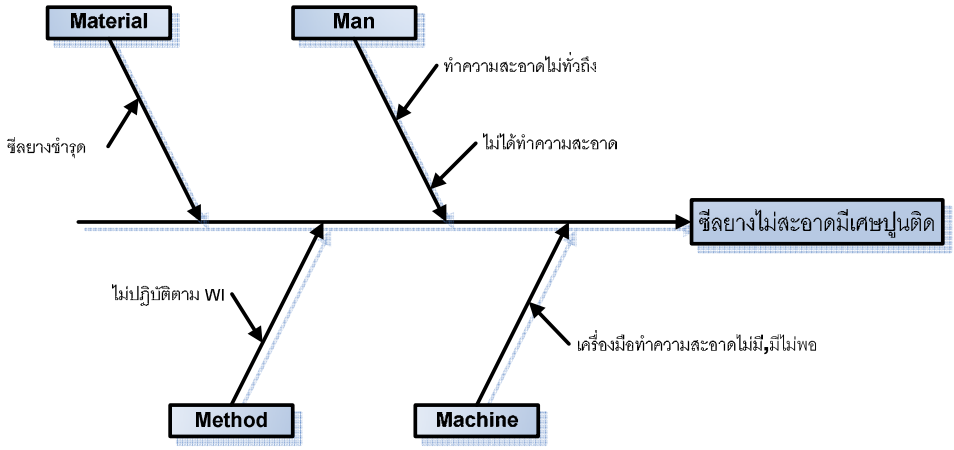
รูปที่ ข-1 การวิเคราะห์สาเหตุความหนาของรั้วชิ้นงานมากเกินขนาดมาตรฐาน



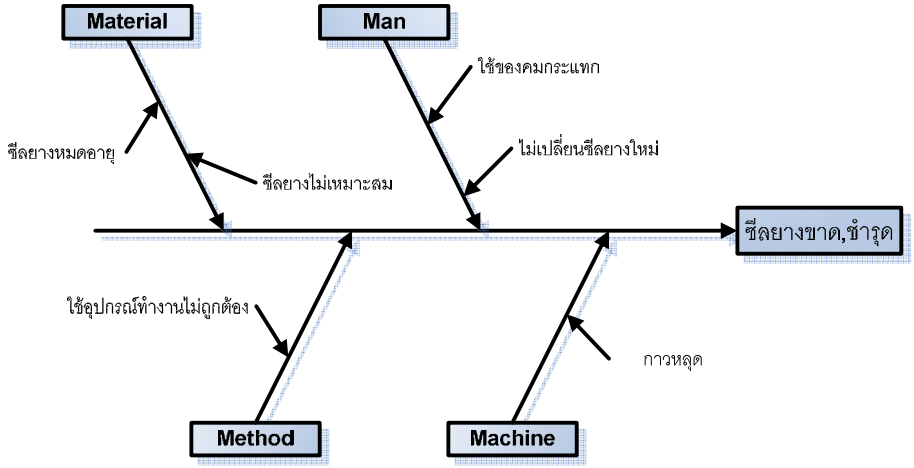
รูปที่ ข-2 การวิเคราะห์สาเหตุการเกิดการลีกของน้ำคอนกรีต



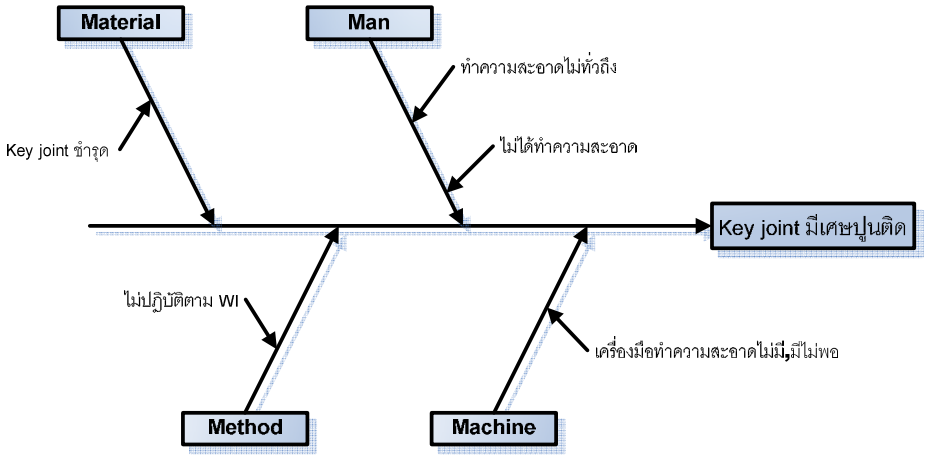
รูปที่ ข-3 การวิเคราะห์สาเหตุการเกิดชิ้นงานบิดเบี้ยวจนไม่ได้ขนาดและเสียรูปร่าง



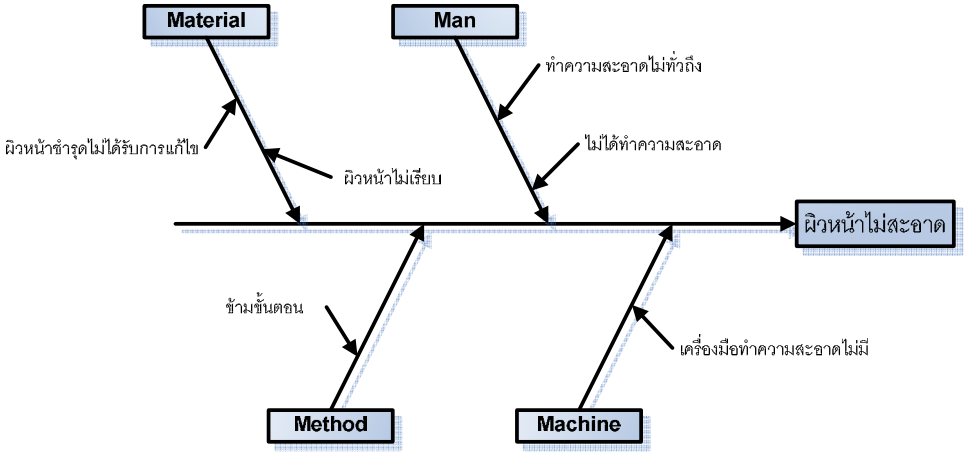
รูปที่ ข-4 การวิเคราะห์สาเหตุซีลยางไม่สะอาดมีเศษปูนติดอยู่ในขณะปฏิบัติงาน



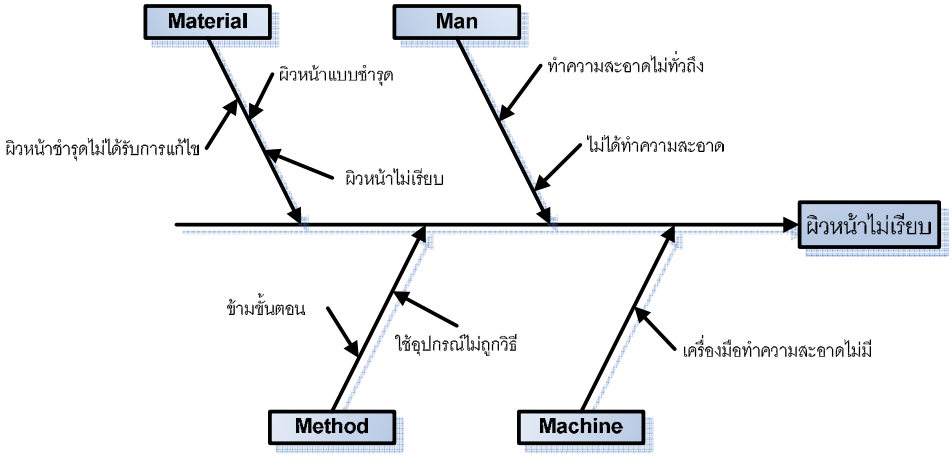
รูปที่ ข-5 การวิเคราะห์สาเหตุที่ทำให้ซีลยางขาด หรือเกิดการชำรุดเสื่อมสภาพ



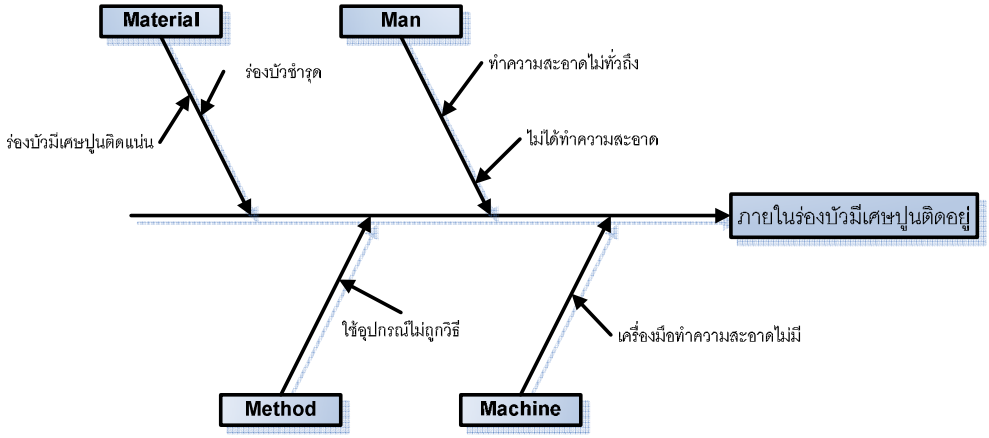
รูปที่ ข-6 การวิเคราะห์สาเหตุ Key Joint มีเศษปูนติดอยู่ในขณะปฏิบัติงาน



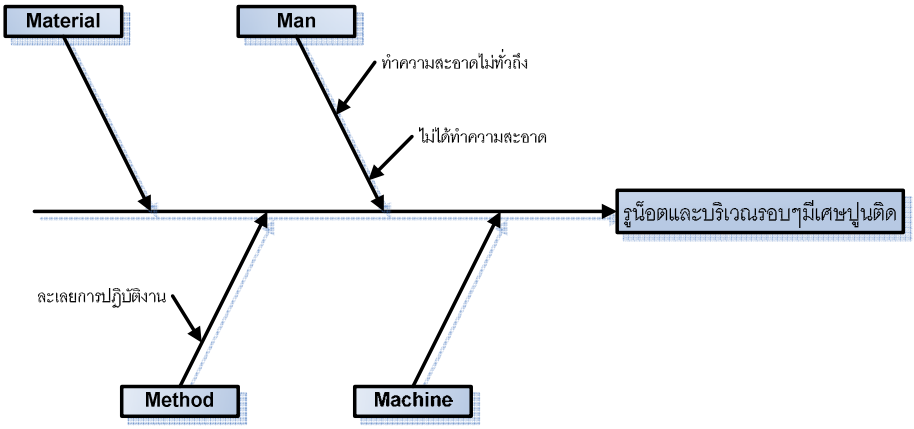
รูปที่ ข-7 การวิเคราะห์สาเหตุผิวหน้าของแบบหล่อไม่สะอาดเพียงพอสำหรับการหล่อชิ้นงาน



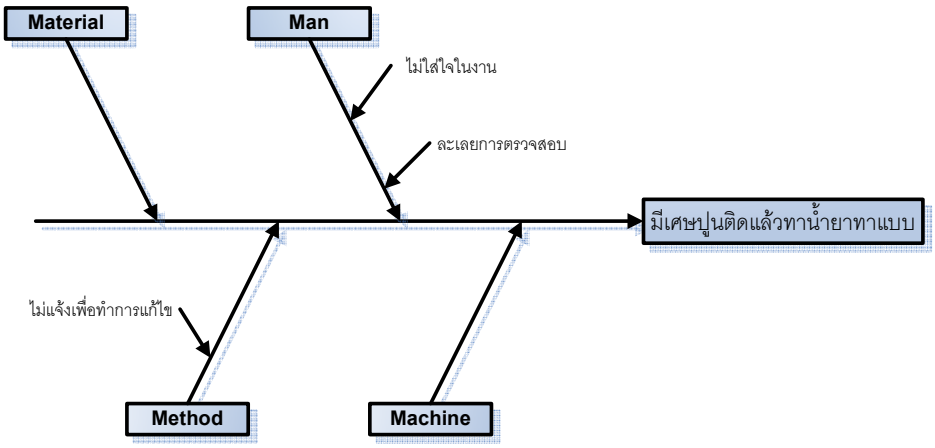
รูปที่ ข-8 การวิเคราะห์สาเหตุผิวหน้าของแบบหล่อไม่เรียบ มีร่องรอย ไม่พร้อมสำหรับการหล่อชิ้นงาน



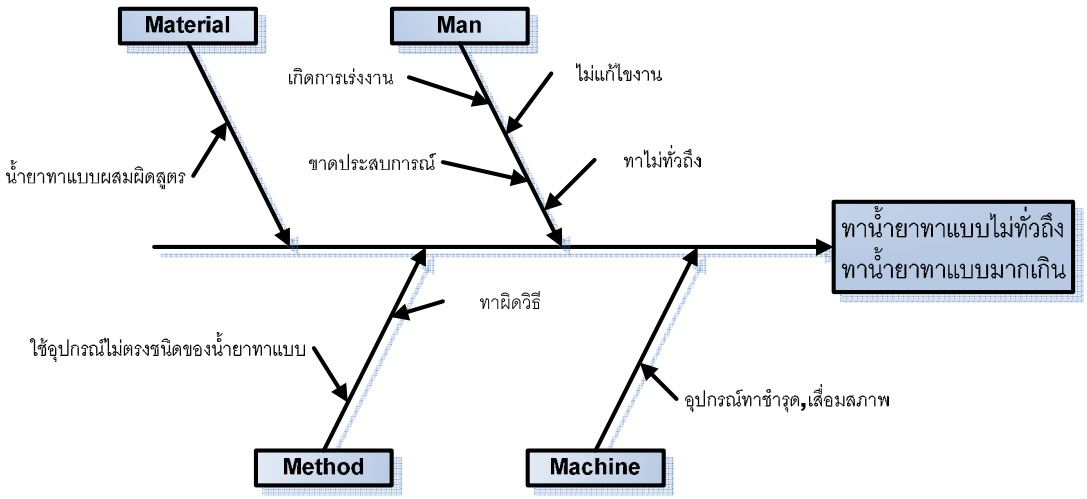
รูปที่ ข-9 การวิเคราะห์สาเหตุภายในร่องบัว ร่องคิ้ว มีเศษปูนติดอยู่ในขณะปฏิบัติงาน



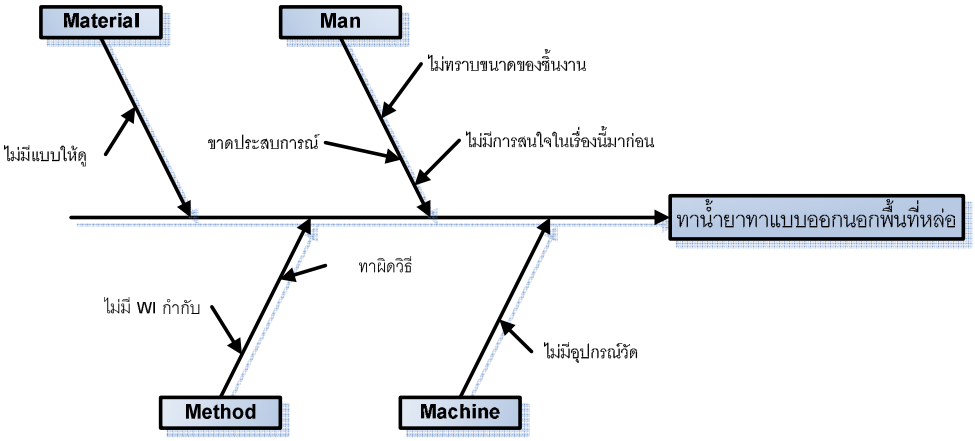
รูปที่ ข-10 การวิเคราะห์สาเหตุรูน็อตและบริเวณรอบๆมีเศษปูนติดอยู่



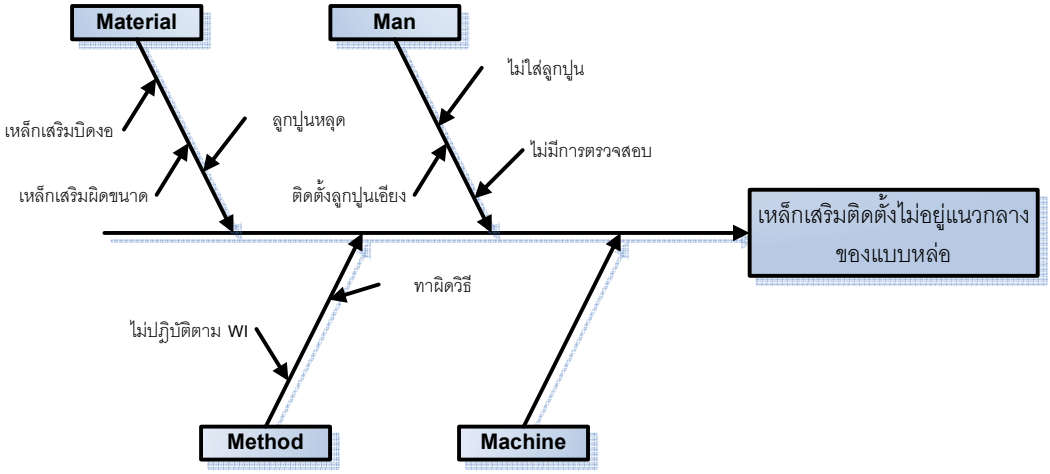
รูปที่ ข-11 การวิเคราะห์สาเหตุของการที่มีเศษปูนติดอยู่แล้วทำการทาน้ำยาทาแบบทับซ้ำ



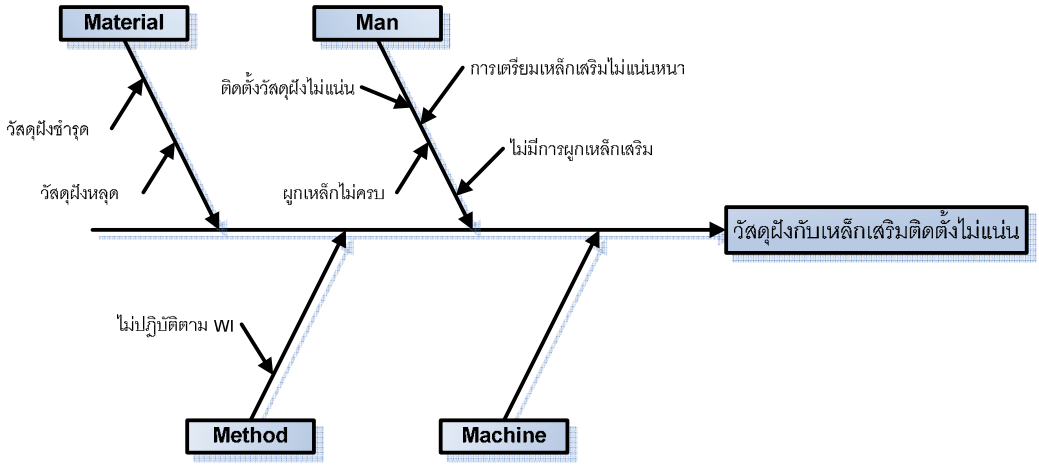
รูปที่ ข-12 การวิเคราะห์สาเหตุการทาน้ำยาทาแบบไม่มั่วถึงหรือทาน้ำยาทาแบบมากเกินไป (เยิ้ม)



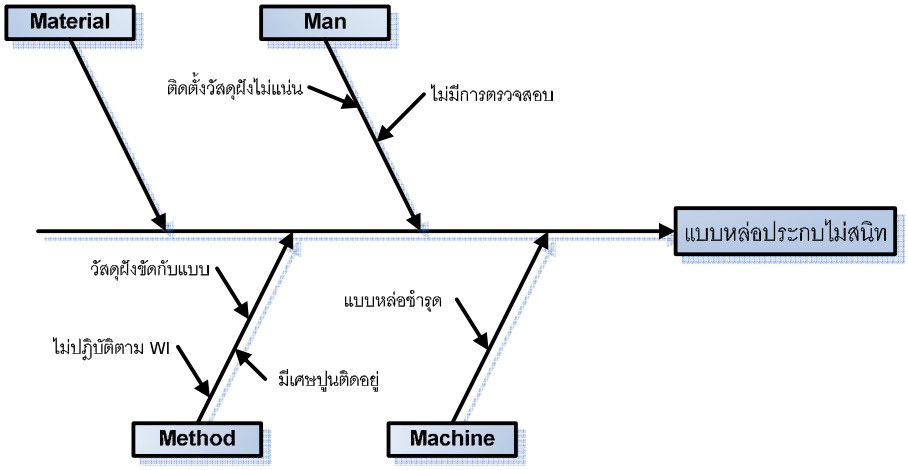
รูปที่ ข-13 การวิเคราะห์สาเหตุการทาน้ำยาทาแบบออกนอกพื้นที่ที่จะทำการหล่อชิ้นงาน



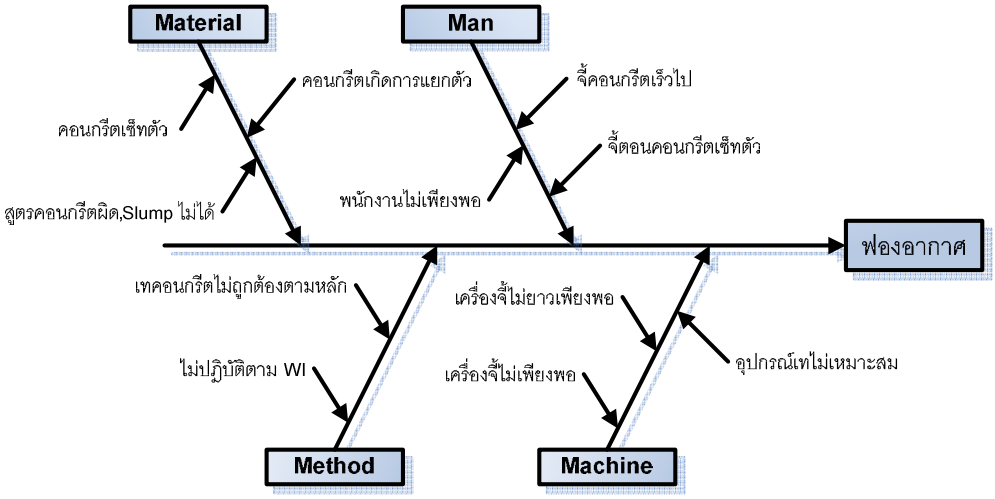
รูปที่ ข-14 การวิเคราะห์สาเหตุเหล็กเสริมที่ติดตั้งไม่อยู่แนวกลางของแผ่นชิ้นงาน



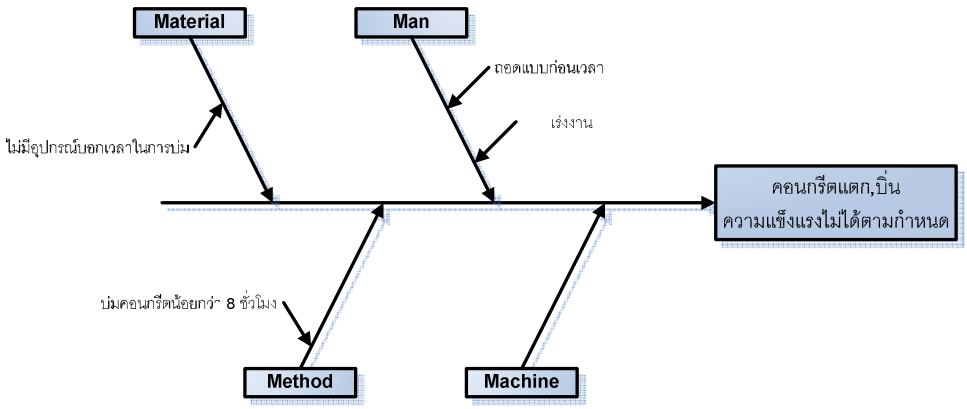
รูปที่ ข-15 การวิเคราะห์สาเหตุวัสดุฝังกับเหล็กเสริมติดตั้งไม่แน่นหนา



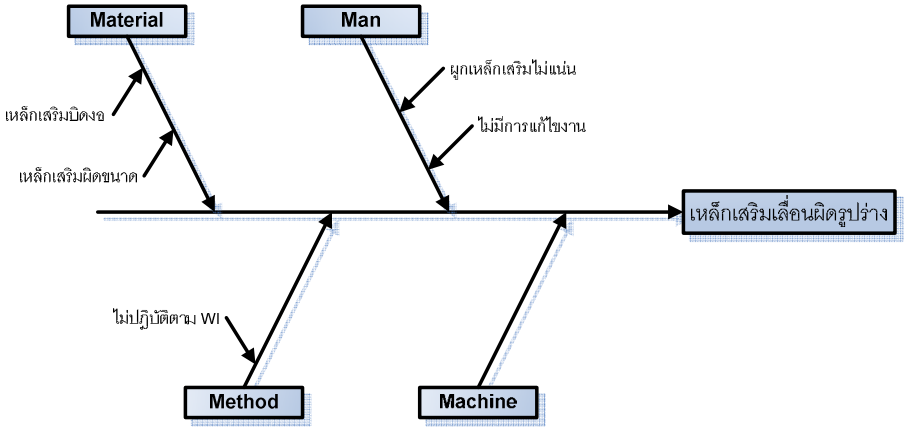
รูปที่ ข-16 การวิเคราะห์สาเหตุแบบหล่อประกบกันได้ไม่สนิท



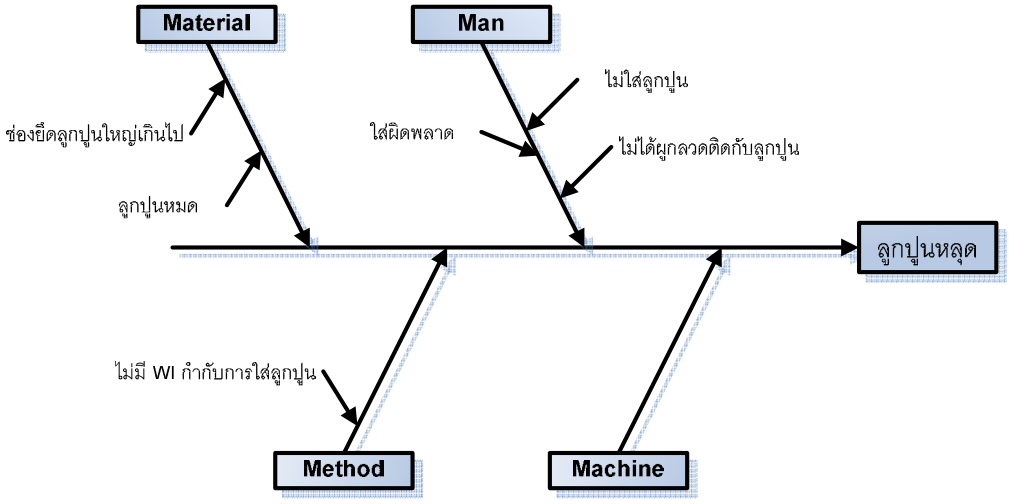
รูปที่ ข-17 การวิเคราะห์สาเหตุของการเกิดฟองอากาศ



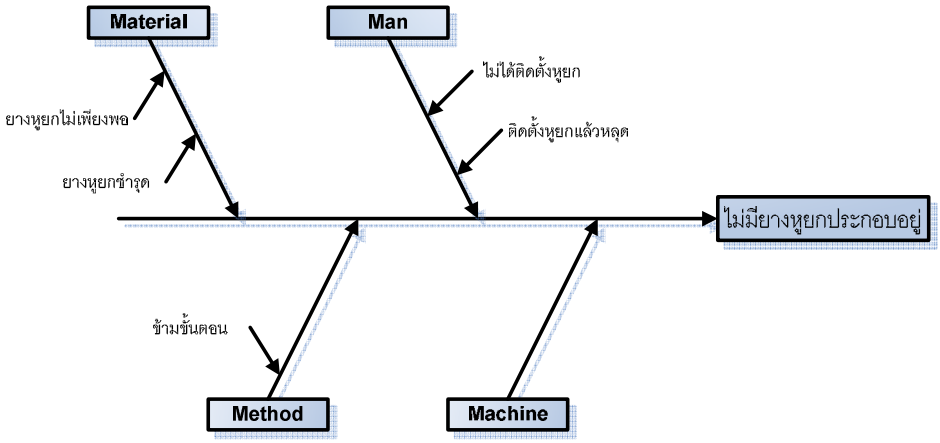
รูปที่ ข-18 การวิเคราะห์สาเหตุคอนกรีตแตก บิ่น ความแข็งแรงไม่ได้ตามกำหนดมาตรฐาน



รูปที่ ข-19 การวิเคราะห์สาเหตุที่ทำให้เหล็กเสริมเกิดการเลื่อนผิดรูปร่างหรือเสียรูปทรง



รูปที่ ข-20 การวิเคราะห์สาเหตุที่ทำให้เกิดลูกปูนหลุดออก



รูปที่ ข-21 การวิเคราะห์สาเหตุที่ทำให้ไม่มียางหูยกประกอบติดอยู่

ภาคผนวก ค. ซอยงานย่อยของกระบวนการผลิตผนังรั้วบ้าน แบบหล่อประเภท Battery ของ PCF2

แบบฟอร์มการขอยงาน					
แผนก / ฝ่าย : PCF2			ว/ด/ป : 24 / 10 / 07		
หน้าที่รับผิดชอบ : การติดตั้งเหล็กเสริมและวัสดุฝัง			แผ่นที่ : 1		
ขั้นตอนการทำงาน	ก่อนทำ	ขณะทำ	จุดที่สำคัญ	รูป	หลังทำ
1. การเตรียมเหล็กเสริม 1.1 การดัดตะแกรงเหล็ก	▶ นำเครนยกม้วนตะแกรงเหล็กมาไว้ที่พื้นที่ทำงาน	▶ ใช้คีมตัดเหล็กทำการตัดเหล็กตามขนาดและจำนวนตามแผนประจำวัน	**ตัดให้ได้ขนาดที่เท่ากับแบบโดยพยายามตัดให้มุมเหลี่ยมอยู่มุมด้านหนึ่งของแผงพอดี**		▶ นำตะแกรงที่ตัดเสร็จแล้วไปทำการวางรอการมัดเหล็ก
1.2 ตัดเหล็กข้ออ้อย	▶ นำเครนยกเหล็กมาไว้ที่พื้นที่ทำงาน	▶ ใช้คีมตัดเหล็กทำการตัดเหล็กตามขนาดและจำนวนตามแผนประจำวัน	** ความยาวของเหล็กข้ออ้อยที่ตัดจะต้องมีความยาวเท่ากับแบบ**		▶ นำเหล็กข้ออ้อยที่ทำการตัดแล้วแยกเก็บตามชุดขนาดความยาว
1.3 ทำการผูกเหล็กติดกัน	▶ เตรียมลวดมัดเหล็กให้เพียงพอกับการใช้งาน	▶ ทำการประกอบเหล็กข้ออ้อยเข้ากับเหล็กตะแกรงโดยใช้ลวดมัดเหล็กทำการมัดบนและล่างของข้อต่อหลังจากนั้นจึงทำการมัดเหล็กทุกด้วยลวดมัดให้แน่นหนา	**ทุกการมัดด้วยลวดจะต้องทำการม้วนลวดให้แน่น** **ทำการมัดทั้งด้านบนและด้านล่างของการต่อระหว่างเหล็กเป็นอย่างน้อย**		▶ ตรวจสอบการมัดเหล็กและทำมาเก็บตองแยกตามขนาดและประเภทของงาน
2. การเตรียมเหล็กเสริมและวัสดุฝัง 2.1 เคลื่อนย้ายเหล็กเสริมมาที่แบบหล่อ	▶ ทำการตรวจสอบแผนผลิตแล้วทำการนับเหล็กเสริมมาตามจำนวนและขนาดที่จะทำการผลิต ▶ เตรียมวัสดุฝังที่จะต้องใช้มาให้พร้อมและเพียงพอกับการใช้งาน	▶ นับจำนวนเหล็กเสริมตามแผนผลิตขึ้นบนรถเลื่อนเพื่อทำการเลื่อนไปยังแบบหล่อที่จะทำการหล่อแล้วยกเหล็กเสริมลง	**ทำการเคลื่อนย้ายเหล็กเสริมมาตามจำนวนที่จะผลิตจริงเท่านั้น**		▶

แบบฟอร์มคำรับรองงาน					
แผนก / ฝ่าย : PCF2			ว/ด/ป : 24 / 10 / 07		
หน้าที่รับผิดชอบ : การติดตั้งเหล็กเสริมและวัสดุฝัง			แผ่นที่ : 2		
ขั้นตอนการทำงาน	ก่อนทำ	ขณะทำ	จุดที่สำคัญ	รูป	หลังทำ
2.2 ทำการติดตั้งลูกปูน	▶ ยกเหล็กเสริมเอียงขึ้นทีละชุด	▶ ใส่เหล็กลูกปูนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12 cm. ที่ขอบรั้วด้านบนและด้านล่าง ด้านละ 3 ตัว ระยะห่างเท่าๆกัน และใส่ลูกปูนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 cm. ที่กลางแผ่นรั้วแบ่งเป็น 2 ชั้น ชั้นละ 4 ตัว ระยะห่างเท่าๆกัน รวมทั้งหมด 14 ตัว (แต่ถ้าเป็นการหล่อแบบ vary ให้พิจารณาตามความเหมาะสมตามขนาดของ vary นั้น)	**ลูกปูนที่ใส่จะต้องไม่น้อยกว่า 14 ตัว โดยแบ่งเป็นขนาด 12 cm.จำนวน 6 ตัวด้านบน 3 และด้านล่าง 3 ตัวและขนาด8 cm.จำนวน 8 ตัว ใส่ช่วงกลางแบ่งเป็น 2 ชั้นชั้นละ 4 ตัว**		▶ ตรวจสอบจำนวนและขนาดของลูกปูนที่ติดตั้ง
2.2 ทำการติดตั้งยางทูยล	▶ เตรียมยางทูยลไว้	▶ ทำการใส่ยางทูยลประกอบใส่เข้ากับเหล็กทูยลในชุดเหล็กเสริมให้ครบโดยรั้ว 1 แผ่นจะมีทูยลจำนวน 2 ตัวเสมอ	**ยางทูยลจะต้องประกอบติดแน่นกับเหล็กทูยล**		▶ ตรวจสอบการติดตั้งทูยลครบถ้วน

การซอยงานของการติดตั้งเหล็กเสริมและวัสดุฝัง (2)

แบบฟอร์มการขอยงาน					
แผนก / ฝ่าย : PCF2			วัน/ด/ป : 11/10/50		
หน้าที่รับผิดชอบ : การติดตั้งเหล็กเสริมและวัสดุฝัง (เข้ากับแบบหล่อ)			แผ่นที่ : 1		
ขั้นตอนการทำงาน	ก่อนทำ	ขณะทำ	จุดที่สำคัญ	รูป	หลังทำ
1. การตรวจสอบก่อนการติดตั้ง 1.1 ตรวจสอบการประกอบแบบ	▶ มีการทาน้ำยาทาแบบทั่วถึงและไม่เยิ้มไหลมีลักษณะเป็นฟิล์มบาง	▶ ตรวจสอบการประกอบแบบว่าแบบสนิท มีการล็อคสลักแบบหล่อครบหมดแล้ว	**ซีลยางแบบสนิท** **ล็อคสลักครบ**		▶ ตรวจสอบความถูกต้องอีกครั้งของแบบหล่อ
1.2 ตรวจสอบการติดตั้ง Key joint (เฉพาะกรณีที่เป็นแบบเฉพาะ)	▶ อ่านแบบว่ามีการติดตั้ง Key joint ที่เป็นแบบเฉพาะหรือไม่ถ้ามีก็ทำการตรวจสอบตามจำนวนที่มี	▶ ทำการตรวจสอบขนาดของ Key joint ว่ามีความยาวถูกต้องตามแบบหรือไม่ และตรวจสอบตัวแม่เหล็กล็อคที่ทำการล็อคว่าแน่นหนาแข็งแรง ถ้าไม่แข็งแรงให้ทำการแก้ไขทันที	**ขนาดของชิ้นงานถูกต้อง** **การติดตั้งแข็งแรง**		▶ ตรวจสอบจำนวนและขนาดของ Key joint อีกครั้งถ้ามีการแก้ไข
1.3 การตรวจสอบชุดเหล็กเสริมที่จะใช้	▶ นำเหล็กเสริมที่จะใช้งานมาที่บริเวณทำงานของแบบหล่อ	▶ ตรวจสอบจำนวนของเหล็กเสริมว่าครบถูกต้องตามจำนวนที่จะต้องใช้หรือไม่ หลังจากนั้นจึงทำการอ่านแบบแล้วทำการตรวจสอบขนาดความกว้างยาวของเหล็กเสริม และตรวจสอบการมัดเหล็กเสริม การมัดวัสดุฝัง การติดตั้งลูกปูน ที่แน่นหนาถูกต้อง	**ทุกการผูกมัดและการเชื่อมต่อจะต้องแน่นหนา** **วัสดุฝังติดตั้งถูกต้องและแน่นหนา**		▶ ตรวจสอบจำนวนและเรียงเหล็กเสริมตามลำดับการติดตั้งของแต่ละเซลล์

แบบฟอร์มการชอยงาน					
แผนก / ฝ่าย : PCF2			วัน/เวลา : 11/10/50		
หน้าที่รับผิดชอบ : การติดตั้งเหล็กเสริมและวัสดุฝัง (เข้ากับแบบหล่อ)			แผ่นที่ : 2		
ขั้นตอนการทำงาน	ก่อนทำ	ขณะทำ	จุดที่สำคัญ	รูป	หลังทำ
2. การติดตั้งเหล็กเสริมและวัสดุฝัง 2.1 การยกเหล็กเสริมติดตั้งภายในเซลล์	▶ เหล็กเสริมมีการเรียงตามลำดับเซลล์เรียบร้อย	▶ ใช้เครนหรือพนักงานยกเหล็กเสริมใส่ลงในเซลล์แต่ละเซลล์ตามลำดับจนครบทุกเซลล์	**เหล็กเสริมใส่ถูกต้องตามเซลล์**		▶ ตรวจสอบการใส่เหล็กเสริมครบทุกเซลล์แล้ว
2.2 การติดตั้งเหล็กเสริมภายในเซลล์	▶ ตรวจสอบว่าใส่เหล็กเสริมถูกต้องและครบทุกเซลล์	▶ ติดตั้งโดยใช้มือในการจับและยกเหล็กเสริมในเซลล์ให้ลูกปูนยึดแน่นให้เหล็กเสริมอยู่กลางเซลล์และติดตั้งใส่ตรงล็อคเหล็กเสริมไม่เอียง ต้องขนานกันทั้งแผ่นกับขอบบน ▶ ทุยคมีการทบีบที่แน่นและติดตั้งพร้อมสำหรับการเท	**เหล็กเสริมติดตั้งกลางเซลล์** **เหล็กเสริมติดตั้งขนานกับขอบบนของแบบหล่อ**		▶ ตรวจสอบเหล็กเสริมอยู่แนวกลางของเซลล์
3. ตรวจสอบหลังการติดตั้ง	▶ ทำการอ่านแบบและตรวจสอบตามแบบ	▶ ทำการตรวจสอบความถูกต้องของวัสดุฝัง ▶ ทำการตรวจสอบว่าเหล็กเสริมที่ใส่อยู่แนวกลางของเซลล์ถ้าไม่ให้ทำการแก้ไขทันที ▶ ตรวจสอบความถูกต้องเรียบร้อยของการติดตั้งเหล็กเสริมและวัสดุฝังรวมถึงทุยคที่แน่นหนา	**ทุกเซลล์ติดตั้งครบ** **พร้อมสำหรับการเทคอนกรีต**		▶ ให้แจ้งกับเจ้าหน้าที่ตรวจสอบคุณภาพก่อนเทมาทำการตรวจสอบและทำการสั่งคอนกรีตจากโรงงานผสมเพื่อให้นำมาส่งเพื่อกระบวนการเทคอนกรีตโดยวิทยุ

การซอยงานของการทำความสะอาดแบบหล่อ (Battery Mold)

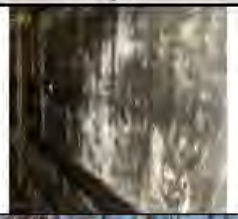
แบบฟอร์มคารซอยงาน					
แผนก / ฝ่าย : PCF2			วัน/ปี : 24 / 10 / 07		
หน้าที่รับผิดชอบ :การทำความสะอาดแบบหล่อ (Battery Mold)			แผ่นที่ : 1		
ขั้นตอนการทำงาน	ก่อนทำ	ขณะทำ	จุดที่สำคัญ	รูป	หลังทำ
1. ทำความสะอาดแบบหล่อ 1.1 ทำความสะอาด ซีลยาง	▶ สภาพของอุปกรณ์ที่ใช้มีความสมบูรณ์เพื่อเตรียมใช้เป็นเครื่องมือในการทำความสะอาดแบบหล่อ เช่น สว่านสลัด, แปรงทองเหลือง,ผ้าเช็ด,เกรียง เป็นต้น	▶ ใช้อุปกรณ์ทำการขัดกระเทาะเศษปูนที่ติดอยู่ออก และใช้ผ้าเช็ดที่ชอบซีลยางตลอดเส้นจนสะอาด	**เวลาทำความสะอาดจะต้องระวังความคมของอุปกรณ์จะเกี่ยวซีลยางขาด ** **ถ้าพบว่าซีลยางขาดหรือชำรุดให้ทำการเบิกซีลยางสำรองมาทำการใส่ทดแทนก่อน**		▶ ตรวจสอบความสะอาดของซีลยางจะต้องไม่มีเศษปูนติดอยู่และซีลยางอยู่ในสภาพใช้การได้ดีไม่ขาดหรือเป็นร่อง
1.2 ทำความสะอาด Key joint	▶ สภาพของอุปกรณ์ที่ใช้มีความสมบูรณ์เพื่อเตรียมใช้เป็นเครื่องมือในการทำความสะอาดแบบหล่อ เช่น สว่านสลัด, แปรงทองเหลือง,ผ้าเช็ด,เกรียง เป็นต้น	▶ ใช้อุปกรณ์ทำความสะอาด ขัด กระเทาะเศษปูนออก และใช้ผ้าชุบน้ำมันเช็ดที่ Key joint จนสะอาด	** Key joint ต้องใช้งานได้ถ้าใช้งานไม่ได้ให้แจ้งเรื่องฝ่ายซ่อมบำรุง **		▶ ตรวจสอบความสะอาดของ Key joint จะต้องไม่มีเศษปูนติดอยู่และ Key joint อยู่ในสภาพใช้การได้ดี
1.3 ทำความสะอาดผิวหน้า	▶ เตรียมอุปกรณ์เครื่องมือทำความสะอาดแบบหล่อให้พร้อม เช่น แปรงทองเหลือง,ผ้าเช็ด,เกรียง เป็นต้น	▶ ใช้อุปกรณ์ทำความสะอาด ขัด กระเทาะเศษปูนออก ลงแปรงขัดผิวหน้า และใช้ผ้าเช็ดที่ ผิวหน้าทั้งสองด้านจนสะอาด	**ผิวหน้าจะต้องเรียบเนียนไม่มีร่องหรือเศิดรอยลึกจนลูปแล้วรู้สึกได้** **ถ้าพบว่าผิวหน้ามีร่องหรือเศิดรอยให้ทำการแจ้งซ่อมบำรุง และให้หยุดการผลิตของเซลล์นั้นไปก่อน**		▶ ผิวหน้าไม่มีเศษปูนติดอยู่ และมีความเรียบเนียนตลอดแผ่น
1.4 ทำความสะอาด ร่องบัว	▶ เตรียมอุปกรณ์เครื่องมือทำความสะอาดแบบหล่อให้พร้อม เช่น แปรงทองเหลือง,ผ้าเช็ด,เกรียง เป็นต้น	▶ ใช้อุปกรณ์ทำความสะอาด ขัด กระเทาะเศษปูนออก และใช้แปรงทองเหลืองขัดที่ร่องบัวจนในร่องบัวไม่มีเศษปูนติดอยู่	**ภายในร่องบัวหลังขัดแล้วต้องสะอาดไม่มีเศษปูนเศิดค้างอยู่**		▶ ตรวจสอบความสะอาดของร่องบัวจะต้องไม่มีเศษปูนติดอยู่

แบบฟอร์มการขอยงาน					
แผนก / ฝ่าย : PCF2			วัน/ด/ป : 11/ 10 / 50		
หน้าที่รับผิดชอบ : การทำความสะอาดแบบหล่อ (Battery Mold)			แผ่นที่ : 2		
ขั้นตอนการทำงาน	ก่อนทำ	ขณะทำ	จุดที่สำคัญ	รูป	หลังทำ
1.5 ทำความสะอาด รูน็อตยึด	▶ เตรียมอุปกรณ์เครื่องมือทำความสะอาดแบบหล่อให้พร้อม เช่น แปรงทองเหลือง,ผ้าเช็ด,เครียง เป็นต้น	▶ ใช้แปรงทองเหลืองขัดที่รูน็อตและบริเวณโดยรอบให้สะอาด	**รูน็อตสะอาดไม่มีเศษปูนติดที่รูและเกลียวน็อต**		▶ ตรวจสอบความสะอาดของรูน็อตและเกลียวจะต้องไม่มีเศษปูนติดอยู่
2. การเลื่อนแซลล์เข้าออก	▶ ตรวจสอบความพร้อมของระบบไฮดรอลิคว่าใช้งานได้และไม่มีอุปกรณ์สิ่งของ หรือพนักงานขวางเส้นทางการเคลื่อนของเซลล์	▶ เปิดสวิตช์ให้ทำงานและปลดล็อกสลักยึดเซลล์ทั้งสองข้างของเซลล์ที่จะเลื่อน และจึงกดปุ่มเพื่อทำการเลื่อนแซลล์เข้าหรือออก	**ในระหว่างเลื่อนจะต้องไม่มีพนักงานหรือสิ่งของกีดขวางเส้นทาง** **หลังจากเลื่อนแล้วจทำการปิดสวิตช์ทุกครั้งหลังเลื่อน**		▶ ทำการปิดสวิตช์แล้วหลังเลื่อนเสร็จก่อนเข้าไปปฏิบัติงาน

กฎหมายเกี่ยวกับหุ้นและการออกหุ้นกู้

แบบฟอร์มการขอยงาน					
แผนก / ฝ่าย : PCF2			วัน/เดือน/ปี : 11/10/50		
หน้าที่รับผิดชอบ : การทาน้ำยาทาแบบ			แผ่นที่ : 1		
ขั้นตอนการทำงาน	ก่อนทำ	ขณะทำ	จุดที่สำคัญ	รูป	หลังทำ
1. การตรวจสอบก่อนทาน้ำยาทาแบบ	▶ เตรียมอุปกรณ์และน้ำยาทาแบบมายังพื้นที่ทำงาน	▶ ตรวจเช็คความสะอาดของแบบหล่อทั้งผิวหน้า , ขอบบัว , มุมต่างๆ รวมถึงซีลยางว่ามีความสะอาดไม่มีเศษปูนติดอยู่ ถ้าไม่สะอาดให้ทำการแก้ไขทันที	**ทั้งผิวสัมผัสที่จะทาน้ำยาทาแบบต้องสะอาดไม่มีเศษปูนติดอยู่**		▶ ตรวจสอบอีกครั้งก่อนเริ่มทาน้ำยาทาแบบ
2. การทาน้ำยาทาแบบ	▶ ตรวจสอบความสะอาดก่อนเริ่มทาน้ำยาทาแบบ	▶ นำน้ำยาทาแบบที่ผสมเรียบร้อยแล้วตามสูตรที่กำหนด ▶ ใช้ลูกกลิ้งชุบน้ำยาพอหมาดทำการกลิ้งทาน้ำยาให้ทั่วตลอดทั้งผิวแบบหล่อ ▶ ทาน้ำยาทาแบบตามขอบมุมบัวของแบบส่วนที่ลูกกลิ้งเข้าไม่ถึง ▶ การทาน้ำยาทาแบบให้เป็นฟิล์มบางเคลือบตลอดผิวหน้า โดยน้ำยาไม่เยิ้ม	**น้ำยาทาแบบทั่วถึงตลอดผิวหล่อ** **น้ำยาที่ทาเป็นฟิล์มบางไม่เยิ้ม**		▶ ตรวจสอบว่าทาน้ำยาทาแบบทั่วถึงแล้ว
3. การตรวจสอบการทาน้ำยาทาแบบ	▶ ทาน้ำยาทาแบบเรียบร้อยแล้ว	▶ ตรวจสอบการทาน้ำยาว่าทั่วถึงตลอดทั้งผิวสัมผัสหรือไม่ ▶ น้ำยาทาแบบเป็นฟิล์มบางเคลือบผิวหน้า	**ขอบมุม บัว ซีลยาง ทาน้ำยาครบ** **น้ำยาที่ทาเป็นฟิล์มบาง**		▶ สั่งทำการประกอบแบบหล่อเพื่อทำการฝังวัสดุฝังต่อไป

การซอยงานของการประกอบแบบหล่อ

แบบฟอร์มการซ่อยงาน					
แผนก / ฝ่าย : PCF2			ว/ด/ป : 24 /10/07		
หน้าที่รับผิดชอบ : การประกอบแบบหล่อ (Battery Mould)			แผ่นที่ : 1		
ขั้นตอนการทำงาน	ก่อนทำ	ขณะทำ	จุดที่สำคัญ	รูป	หลังทำ
1. การตรวจสอบก่อนการประกอบ 1.1 ตรวจสอบความสะอาด	▶ ทำความสะอาดและทาน้ำยาทาแบบหล่อเรียบร้อยแล้ว	▶ ตรวจสอบความสะอาดของแบบหล่อและการทาน้ำยาทาแบบของแบบหล่อว่าเรียบร้อยดีแล้ว	**ผิวแบบหล่อสะอาด น้ำยาทาแบบแล้วและไม่เยิ้ม**		
1.2 ตรวจสอบสลักล็อก	▶ ทำความสะอาดและทาน้ำยาทาแบบหล่อเรียบร้อยแล้ว	▶ ทำการตรวจสอบสภาพการใช้งานได้ของสลักล็อก ถ้าพบว่าชำรุดให้ทำเอกสารแจ้งฝ่ายซ่อมบำรุง ▶ ทงายสลักชุดที่จะประกอบแบบหล่อขึ้นเพื่อพร้อมสำหรับประกอบ	**สลักใช้งานได้ดี**		
1.3 ตรวจสอบรางล้อเลื่อนแบบหล่อ	▶ ทำความสะอาดและทาน้ำยาทาแบบหล่อเรียบร้อยแล้ว	▶ ใช้ไม้ควาดแข็งควาดเอาสิ่งกีดขวางทางรางเลื่อนของล้อแบบหล่อออกให้สะอาด	**รางล้อเลื่อนแบบหล่อไม่มีสิ่งกีดขวาง**		
1.4 ตรวจสอบการล็อกกันข้างของแบบหล่อ (กรณีการหล่อแบบ vary)	▶ ทำความสะอาดและทาน้ำยาทาแบบหล่อเรียบร้อยแล้ว	▶ ทำการตรวจสอบความแข็งแรงแน่นหนาของการล็อค และความสูงของแผงกั้น vary ได้ขนาดและตั้งฉากกับพื้นโมลด้วยระดับน้ำ	**ล็อคแน่นหนา** **แผงกั้นข้างได้ฉากกับพื้นล่าง**		
2. การประกอบแบบ 2.1 เปิดระบบไฮดรอริกให้ทำงาน	▶ แบบหล่อพร้อมสำหรับการประกอบแล้ว	▶ ทำการกดปุ่ม Pump run เพื่อให้ไฟเขียวที่ Ready พร้อมในการทำงาน	**ไฟเขียวติด**		▶ จะต้องไม่มีสิ่งกีดขวางการประกอบแบบ

แบบฟอร์มการขอยงาน					
แผนก / ฝ่าย : PCF2			ว/ด/ป : 24 /10/07		
หน้าที่รับผิดชอบ : การประกอบแบบหล่อ (Battery Mould)			แผ่นที่ : 2		
ขั้นตอนการทำงาน	ก่อนทำ	ขณะทำ	จุดที่สำคัญ	รูป	หลังทำ
2.2 เลื่อนแบบหล่อเข้าประกบกัน	▶ จะต้องไม่มีสิ่งกีดขวางการประกอบแบบ	▶ ทำการเลื่อนแบบหล่อเข้าโดยหมุนปุ่มล่างสุดทั้งสองฝั่งของแบบหล่อไปที่ตำแหน่ง MAN คือระบบบังคับเองแล้วจึงกดปุ่ม Set ดึง แบบหล่อก็จะเลื่อนเข้าประกอบกัน (แต่ถ้าต้องการเลื่อนแบบหล่อออกก็ให้กดปุ่ม Set คลาย แบบหล่อก็จะเลื่อนออก) เมื่อประกอบเสร็จให้กดปุ่ม Pump Off เพื่อปิดระบบไฮดรอลิก	**การประกบจะต้องเลื่อนจนแบบหล่อประกบกันจนสนิท** **ถ้าเกิดเหตุการณ์ผิดปกติให้กดปุ่ม Emergency Stop เพื่อหยุดระบบทั้งหมด**		▶ ตรวจสอบการประกบสนิทของแบบหล่อทั้งสองฝั่งของแบบหล่อ
2.3 ใส่ขอสับด้านข้างแบบหล่อเพื่อทำการล็อกแบบหล่อ	▶ แบบหล่อประกบสนิท	▶ ทำการหมุนขอสับมาทำการล็อกสับหมุดให้แน่นหนา	**ขอสับทุกอันต้องล็อคแน่นและครบทุกเซลล์**		▶ ตรวจสอบการประกบสนิทของแบบหล่อทั้งสองฝั่งของแบบหล่อ
2.4 ทำการเลื่อนประกอบแบบหล่อตัวสุดท้าย	▶ แบบหล่อเซลล์ก่อนหน้าประกอบเรียบร้อยแล้ว	▶ ทำการกดปุ่ม Pump run เพื่อให้ไฟเขียวที่ Ready พร้อมในการทำงานแล้วจึงกดปุ่ม Up ของฝั่งแบบหล่อที่ต้องการประกอบ แบบหล่อตัวสุดท้ายก็จะเลื่อนเข้าประกอบกัน (แต่ถ้าต้องการเลื่อนแบบหล่อออกก็ให้กดปุ่ม Down แบบหล่อตัวสุดท้ายก็จะเลื่อนออก) เมื่อประกอบเสร็จให้กดปุ่ม Pump Off เพื่อปิดระบบไฮดรอลิก	**การประกบจะต้องเลื่อนจนแบบหล่อตัวสุดท้ายประกบกันจนสนิท** **ถ้าเกิดเหตุการณ์ผิดปกติให้กดปุ่ม Emergency Stop เพื่อหยุดระบบทั้งหมด**		▶ ตรวจสอบการประกบสนิทของแบบหล่อทั้งสองฝั่งของแบบหล่อตัวสุดท้าย

แบบฟอร์มการชอยงาน					
แผนก / ฝ่าย : PCF2			วัน/ปี : 24 /10/07		
หน้าที่รับผิดชอบ : การประกอบแบบหล่อ (Batterry Mould)			แผ่นที่ : 3		
ขั้นตอนการทำงาน	ก่อนทำ	ขณะทำ	จุดที่สำคัญ	รูป	หลังทำ
2.5 ทำการล็อกตัวเร่งแบบหล่อตัวสุดท้าย	▶ แบบหล่อประกอบสนิท	▶ ทำการประกอบเคลียวเร่งแบบหล่อตัวสุดท้ายแล้วจึงใช้ประแจไขให้แน่น (ทั้ง 4 มุมของแบบหล่อ)	**ทำการไขประแจเคลียวเร่งจนแน่น**		▶ ตรวจสอบการประกอบเคลียวเร่งตัวสุดท้ายครบ
3. ตรวจสอบการประกอบแบบ	▶ กระบวนการประกอบเสร็จสิ้น	▶ ทำการตรวจสอบด้วยสายตาในการดูความแนบสนิทของแต่ละเซลล์ของแบบหล่อ ▶ ตรวจสอบอุปกรณ์ติดตั้งต่างๆติดตั้งครบและแน่นหนา	**ประกอบแบบแนบสนิท**		

ตรุษจีนของชาวไทยเชื้อสายจีน

แบบฟอร์มการขออนุมัติงาน					
แผนก / ฝ่าย : PCF2			วัน/เดือน/ปี : 11/ 10 / 50		
หน้าที่รับผิดชอบ : การตรวจสอบก่อนการเทคอนกรีต			แผ่นที่ : 1		
ขั้นตอนการทำงาน	ก่อนทำ	ขณะทำ	จุดที่สำคัญ	รูป	หลังทำ
1. การตรวจสอบก่อนการเทคอนกรีต 1.1 การตรวจสอบการใส่เหล็กเสริม	▶ ตรวจสอบด้วยสายตาว่าเหล็กเสริมมีสภาพพร้อมใช้งาน มีการผูกเหล็กอย่างแน่นหนา ▶ มีการแจ้งเพื่อให้ทำการตรวจสอบ	▶ ตรวจสอบว่าในเซลล์ทุกเซลล์มีการใส่เหล็กเสริมครบ ▶ เหล็กเสริมที่ใส่ติดตั้งอยู่ในแนวกลางของเซลล์แล้วถ้าเกิดความผิดพลาดให้แจ้งพนักงานมาทำการแก้ไขทันที	**ในเซลล์ทุกเซลล์มีเหล็กเสริมติดตั้งอยู่ ** **เหล็กเสริมที่ติดตั้งอยู่ในแนวกลางของเซลล์**		▶ ตรวจสอบด้วยสายตาว่าทำการใส่เหล็กเสริมได้สมบูรณ์และถูกต้อง
1.2 การตรวจสอบการติดตั้งวัสดุฝัง	▶ ทำการตรวจสอบการใส่เหล็กเสริมเรียบร้อยแล้ว	▶ ตรวจสอบการใส่ท่อยก , แผ่น Plate , ลูกปูน ฯ ว่ามีการติดตั้งครบถ้วนตามแบบที่กำหนดและมีความแน่นหนา ถ้าเกิดความผิดพลาดให้แจ้งพนักงานมาทำการแก้ไขทันที	** ต้องใส่ท่อยก แผ่น Plate ลูกปูน ครบจำนวนที่ถูกต้อง และแน่นหนา**		▶ ตรวจสอบด้วยสายตาว่ามีการติดตั้งวัสดุฝังได้ครบถ้วนตามจำนวน
1.3 ตรวจสอบการประกอบแบบหล่อ	▶ ทำการตรวจสอบการติดตั้งเหล็กเสริมและวัสดุฝังเรียบร้อยแล้ว	▶ ตรวจสอบว่ามีการประกอบแบบหล่อที่ถูกต้อง ▶ ซีลยางทุกขอบเซลล์ปิดแน่นสนิทไม่หลุดออก มีการล็อคเกลียวเร่งทั้งด้านบนและเกลียวเร่งด้านล่างเรียบร้อย ▶ สลัก ล็อกทุกตัวได้ทำการล็อกครบและถูกต้อง ถ้าไม่เรียบร้อยให้ทำการแก้ไขทันที	**ติดตั้งเกลียวเร่งบนและเกลียวเร่งล่างแล้ว** **สลักล็อคครบ** **ซีลยางแน่นสนิท**		▶ ตรวจสอบด้วยสายตาว่ามีการประกอบแบบหล่อเรียบร้อยพร้อมเทคอนกรีต

แบบฟอร์มการขอยงาน					
แผนก / ฝ่าย : PCF2			วัน/เดือน/ปี : 11/ 10 / 50		
หน้าที่รับผิดชอบ : การเทคอนกรีต และ จี้คอนกรีต			แผ่นที่ : 2		
ขั้นตอนการทำงาน	ก่อนทำ	ขณะทำ	จุดที่สำคัญ	รูป	หลังทำ
2. การเทคอนกรีต	▶ ก่อนเทคอนกรีตทุกครั้ง ช่างเทคนิคจะต้องทำการตรวจสอบ Battery Mould ก่อนเทคอนกรีตเรียบร้อยร้อยแล้ว ว่าปิดสนิทแล้วหรือไม่ ใส่วัสดุฝังครบถูกต้องหรือไม่	▶ เมื่อรอปูนมาแล้วให้นำบัคเค็ต (Bucket) มารับคอนกรีตที่ Ramp แล้วใช้เครนเคลื่อนบัคเค็ตเพื่อไปเทคอนกรีต ▶ ในการเทคอนกรีตควรให้บัคเค็ตสูงกว่า Battery Mould ไม่เกิน 30 ซ.ม. เพื่อไม่ให้เกิดการแยกชั้นของคอนกรีต โดยขณะเทคอนกรีตนั้นจะต้องใช้เกียงเกลี่ยคอนกรีตให้ทั่วด้วย	**ในการเทคอนกรีตควรให้บัคเค็ตสูงกว่า Battery Mould ไม่เกิน 30 ซ.ม.** **ขณะเทคอนกรีตนั้นจะต้องใช้เกียงเกลี่ยคอนกรีตให้ทั่วด้วย**		▶ สังเกตด้วยตาว่าลักษณะการกระจายของคอนกรีตมีความทั่วถึง ▶ สังเกตด้วยตาว่า Battery Mould มีการรั่วซึมของน้ำปูนหรือไม่
3. การจี้คอนกรีต	▶ หลังจากเกลี่ยคอนกรีตแล้วทำการเตรียมเครื่อง Vibrator เพื่อทำการจี้คอนกรีต โดยเครื่อง Vibrator ต้องมีสภาพพร้อมใช้งานได้	▶ การจี้คอนกรีตนั้นสายจี้สายที่ใช้ในการจี้จะต้องยาวถึงด้านล่าง Battery Mould ▶ ลักษณะการจี้คอนกรีตควรปฏิบัติดังนี้คือ – การสอดสายจี้คอนกรีตแต่ละครั้งให้สอดห่างกันประมาณ 30 ซ.ม. – การจี้คอนกรีตแต่ละจุดให้ใช้เวลาในการจี้ประมาณ 15-20 วินาที โดยการสอดลงไปใน	**อย่าจี้คอนกรีตเร็วเกินไป เพื่อเป็นการไล่ฟองอากาศ** **การสอดสายจี้คอนกรีตแต่ละครั้งให้สอดห่างกันประมาณ 30 ซ.ม.** **การจี้คอนกรีตแต่ละจุดให้ใช้เวลาในการจี้ประมาณ 15-20 วินาที โดยการสอดลงไปในคอนกรีตอย่างเร็วแล้วจี้ค้างไว้ประมาณ 5 วินาที จากนั้นจึงค่อยๆเยื้อนสายจี้ขึ้นช้าๆ ใช้เวลาประมาณ 10-15 วินาที**		▶ ทำการล้างสายจี้ให้สะอาดทุกครั้งหลังจากใช้งาน และทำการตรวจสอบสภาพการใช้งานด้วยว่ามีความสมบูรณ์ เพื่อสะดวกในการทำงานครั้งต่อไป

		คอนเครีตอย่างเร็วแล้วจี้ค้างไว้ประมาณ 5 วินาที จากนั้นจึงค่อยๆเลื่อนสายจี้ขึ้นช้าๆ ใช้เวลาประมาณ 10-15 วินาที – หลีกเลี่ยงอย่าให้หัวจี้ติดกับแบบเหล็ก เพราะจะทำให้สึกเร็ว ระยะห่างของหัวจี้คอนเครีตกับแบบนั้นควรห่างกันอย่างน้อย 5 ซ.ม. – ต้องทำการปิดเครื่องจี้คอนเครีตทันที ที่หัวจี้คอนเครีตนั้นโผล่พ้นจากคอนเครีต เพื่อป้องกันความเสียหายกับเครื่องจี้คอนเครีต – ไม่ควรใช้สายจี้ไล่คอนเครีต ควรให้คนเคลี่ยคอนเครีตให้เข้าในแบบ	**หัวจี้คอนเครีตกับแบบนั้นควรห่างกันอย่างน้อย 5 ซ.ม.** ** ต้องทำการปิดเครื่องจี้คอนเครีตทันที ที่หัวจี้คอนเครีตนั้นโผล่พ้นจากคอนเครีต** **ไม่ควรใช้สายจี้ไล่คอนเครีตให้เข้าในแบบ**		

ตัวอย่างการเขียนบทความวิจัย

แบบฟอร์มการชอยงาน					
แผนก / ฝ่าย : PCF2			วัน/เดือน/ปี : 11/10/50		
หน้าที่รับผิดชอบ : การบ่มคอนกรีตของโรงงาน PCF2 (Curing)			แผ่นที่ : 1		
ขั้นตอนการทำงาน	ก่อนทำ	ขณะทำ	จุดที่สำคัญ	รูป	หลังทำ
1. การบ่มคอนกรีต	▶ ตรวจสอบการทดและจี้คอนครีตว่ามีการดำเนินการเสร็จสิ้นเรียบร้อยแล้วและมีการขัดผิวหน้าด้านบนเรียบร้อยแล้ว	▶ ทำการเริ่มจับเวลาในการบ่มคอนครีตโดยบ่มคอนกรีตต้องใช้เวลาไม่น้อยกว่า 8 ชั่วโมง จึงจะทำการและแบบหล่อได้	**เวลาในการบ่มจะต้องไม่น้อยกว่า 8 ชั่วโมง**		▶ ตรวจสอบเวลาในการบ่มว่าไม่น้อยกว่า 8 ชั่วโมงหรือไม่จึงสามารถทำการถอดแบบหล่อคอนครีตได้

ภาคผนวก ง. แผนงานดำเนินการแก้ไขและปรับปรุงตามเทคนิค PFMEA

PCF1 วันที่ 23/08/50

แนวทางในการแก้ไข	ผู้รับผิดชอบ (Head)	กำหนดเวลาเสร็จสิ้น
จัดทำสรุปจำนวนวัสดุฝังที่ต้องการใช้งานมาในแบบเพื่อนับจำนวนในการใส่วัสดุฝัง	ช่างอุทัน (Control Room)	13/9/2007
จัดซื้อปืนกาวชุดใหม่และแท่งกาว พัฒนาจัดทำฐานข้อมูลการตรวจสอบและการทำงานของช่างเทคนิคแต่ละคน	ช่างสุทธิชัย	28/9/2007
ปรับปรุงกระบวนการฝังให้มีการตรวจสอบแบบสองชั้นที่พนักงานสามารถตรวจสอบงานของตัวเองได้	ช่างรัฐศักดิ์	27/9/2007
จัดระเบียบห้องเก็บวัสดุฝัง จัดทำป้ายชื่อ จัดหาภาชนะใส่		
สำหรับ Shutering ให้พนักงานทำการขีดเส้นของเพื่อป้องกันการเลื่อนทุกๆมุม รัดสายรัดเพิ่มก่อนการเทคอนกรีต	ช่างจักราวุธ	20/9/2007 และตามฝ่ายงานซ่อมบำรุง
เสริมตัวล็อกแม่เหล็กให้เพียงพอกับแต่ละแบบของชิ้นงาน และอบรมการทำงานตาม WI		
สำหรับ B/O ให้พนักงานทำการขีดเส้นของเพื่อป้องกันการเลื่อนทุกๆมุม เสริมตัวล็อกแม่เหล็กให้เพียงพอกับแต่ละแบบของชิ้นงาน		
และอาจจะหาวิธีที่จะบ่งบอกได้เมื่อเกิดการเลื่อนของ B/O นอกจากนั้นก็จัดทำ WI และอบรมให้พนักงานมีความเข้าใจในการทำงาน		
พร้อมกับทำการสุ่มสำรวจการปฏิบัติงานในช่วงแรกเป็นระยะๆ เพื่อให้พนักงานได้ปฏิบัติตาม		
ปรับแก้หูชุดล็อกให้สามารถทำการล็อกด้วยชุดล็อกทั้ง 2 แบบ	ช่างเทคนิคทุกคน	17/9/2007
ทำสัญลักษณ์บนชุด B/O พร้อมทาสีแยกชนิด		
สั่งและซ่อมชุดล็อกแบบใหม่มาเพิ่มเติม		

PCF2 วันที่ 23/08/50

แนวทางในการแก้ไข	ผู้รับผิดชอบ (Head)	กำหนดเวลาเสร็จสิ้น
จัดทำเอกสารหรือมีการแจ้งให้กับพนักงานทาน้ำยาทาแบบทราบถึงขนาดของชิ้นงานก่อนทา	ช่างทศพร+กังวาฟ	7/9/2007
ปรับปรุงใบตรวจสอบของช่างเทคนิคให้ทำการตรวจเช็คการทำงาน		
ทดสอบและสั่งซื้อซีลยางชุดใหม่เพื่อมาทำการเปลี่ยน		20/9/2007
และอบรมพนักงานในการทาน้ำยาทาแบบและสอนการอ่านแบบก่อนทา		
ทำป้ายบอกเวลาในการบ่มคอนกรีต และจัดหานาฬิกามาติดตั้งเป็นนาฬิกากลาง		
จัดให้ชิ้นงานได้รับการบ่มไม่น้อยกว่า 8 ชั่วโมง		
และทำมาตรฐานการทำงานในการถอดและประกอบแบบหล่อ		
เพิ่มจำนวนเครื่องจี้คอนกรีตให้มากเพียงพอกับเวลาการทำงาน		21/9/2007
ออกแบบกรวยเทคอนกรีตใหม่และทำการสั่งผลิตเข้ามาใช้งาน		28/9/2007
ปรับปรุงกระบวนการเทคอนกรีตให้รวดเร็วขึ้น		
จัดทำ Check list ของการตรวจสอบโมลและการประกอบโมลแต่ละแบบเพื่อเป็นการตรวจเช็คการใช้งานได้ดีของโมล	กังวาฟ	15/9/2007
จัดช่วงเวลาในการออกตรวจเช็คโมล ทุก 1 อาทิตย์ และประสานการทำงานร่วมกับฝ่ายซ่อมบำรุง		
ทำข้อตกลงเพิ่มกับผู้รับเหมาเกี่ยวกับหน้าที่รับผิดชอบทั้งหมด เช่น B/O, Key Joint, อุปกรณ์จี้คอนกรีต เป็นต้น	ช่างทศพร + ช่างไฟฟูลย์+หัวหน้าคนงาน	3/9/2007
จำกัดปริมาณขนส่งคอนกรีตสูงสุดในแต่ละเที่ยว+ป้องกันการเทพ่วงคอนกรีต / Ceack Slump	ช่างทศพร + ช่างไฟฟูลย์	14/9/2007
ประชุมกลุ่มย่อยก่อนการปฏิบัติงานของแต่ละชุดกะทำงาน	ช่างทศพร + ช่างไฟฟูลย์+กังวาฟ+หัวหน้าคนงาน	28/8/2007
สั่งทำอุปกรณ์ของแบบหล่อมาให้ครบถ้วนและสามารถใช้งานได้	ช่างภณวัฒน์	28/9/2007
ประสานงานฝ่ายซ่อมบำรุงเพื่อมาทำการซ่อมแซมแบบหล่อ		

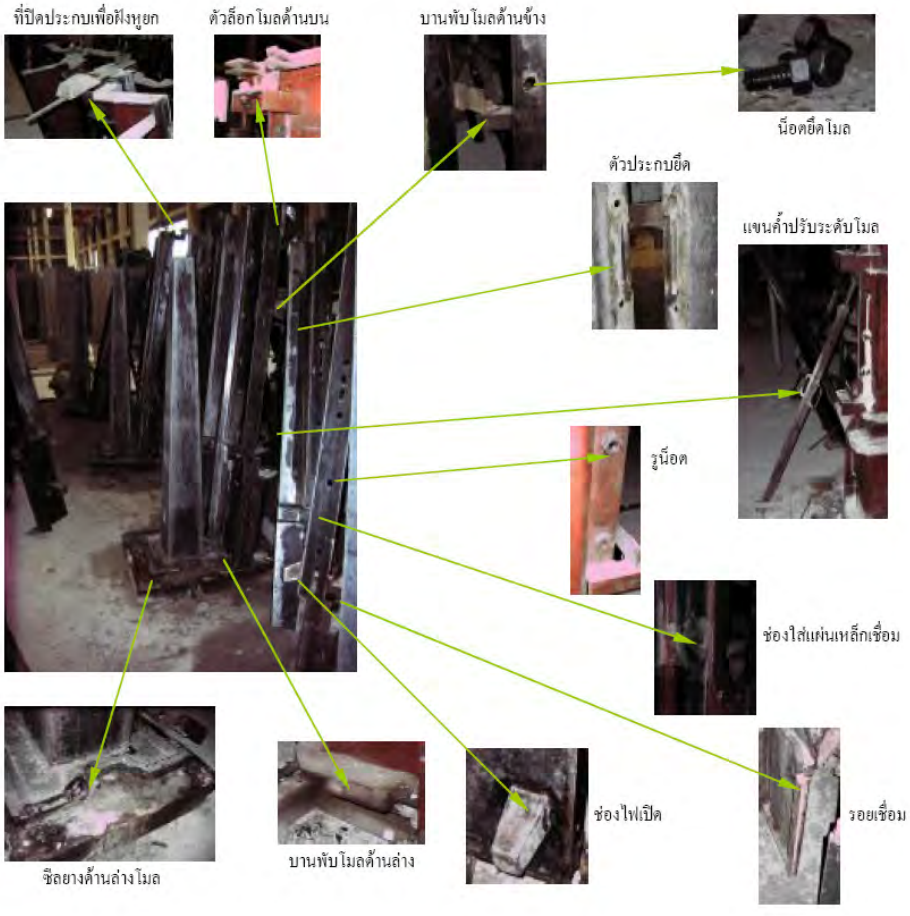
ภาคผนวก จ. ใบรายการตรวจสอบแบบหล่อประเภท Static เพื่อการแจ้งซ่อมของ PCF2

ใบตรวจเช็คโมล ประเภท Static Mold สำหรับการซ่อมบำรุง

วันที่ตรวจสอบ_____เวลา_____เลขที่โมล_____

โมลหล่อเสาขนาด 35x35

โมลหล่อเสาขนาด 30x30



รายการตรวจสอบ

1. บานพับของโมล
   - ☐ บานพับด้านล่างของโมลสามารถใช้งานได้
   - ☐ บานพับด้านข้าง จำนวน 6 ตัว สามารถใช้งานได้
   - ☐ ตัวล็อกยึดโมลเมื่อประกอบ จำนวน 2 ตัวใช้งานได้

ผลการตรวจ ☐ ใช้การได้ดี ☐ ต้องทำการซ่อมแซมที่_____

2. สภาพของแกนกลางโมล
   - ☐ ไม่เอียงจนเสียรูปหรือเสียศูนย์ไปจากเดิมเกิน 2 ซม.
   - ☐ รอยเชื่อมที่โคนของแกนกลางไม่มีรอยแตกร้าว

ผลการตรวจ ☐ ใช้การได้ดี ☐ ต้องทำการซ่อมแซมที่_____

3. ชุดล็อกยึดโมล
   - ☐ แขนค้ำปรับระดับโมลสามารถใช้งานได้
   - ☐ ตัวล็อกยึดด้านใต้ของโมลครบและสามารถใช้งานได้

ผลการตรวจ ☐ ใช้การได้ดี ☐ ต้องทำการซ่อมแซมที่_____

4. ชุดปิดประกบด้านบนเพื่อฝังหูยก
   - ☐ บานพับเปิดปิดใช้งานได้
   - ☐ สภาพไม่บิดเบี้ยวจนเสียรูป

ผลการตรวจ ☐ ใช้การได้ดี ☐ ต้องทำการซ่อมแซมที่_____

5. ซีลยางกันรั่วด้านใต้ของโมล
   - ☐ สภาพของซีลยาง
   - ☐ ตัวร่องยึดซีลยางสามารถล็อกยึดซีลยางได้แน่นหนา

ผลการตรวจ ☐ ใช้การได้ดี ☐ ต้องทำการซ่อมแซมที่_____

6. ผิวภายในของโมลและรอยเชื่อมของโมล
   - ☐ ผิวด้านในของโมลเรียบเนียน ไม่มีรอยลึก
   - ☐ รอยเชื่อมของโมลไม่มีรอยแตกหรือแยก

ผลการตรวจ ☐ ใช้การได้ดี ☐ ต้องทำการซ่อมแซมที่_____

7. ช่องใส่สำหรับแผ่นเหล็กเชื่อม (Plate)
   - ☐ รูสำหรับใส่ลวดมัดไม่ตัน
   - ☐ แผงประกบแผ่นเหล็กเรียบ

การตรวจ ☐ ใช้การได้ดี ☐ ต้องทำการซ่อมแซมที่_____

8. จำนวนน็อตยึดโมลและสภาพของเกลียวน็อต
   - ☐ จำนวนของน็อตยึดโมล มีจำนวนครบ
   - ☐ สภาพของเกลียวน็อตใช้การได้

ผลการตรวจ ☐ ใช้การได้ดี ☐ ต้องทำการซ่อมแซมที่_____

สรุปผลการตรวจ ☐ ต้องซ่อมด่วน ☐ ต้องซ่อม ☐ ใช้การได้แต่ควรซ่อมแซม ☐ ใช้การได้ดี

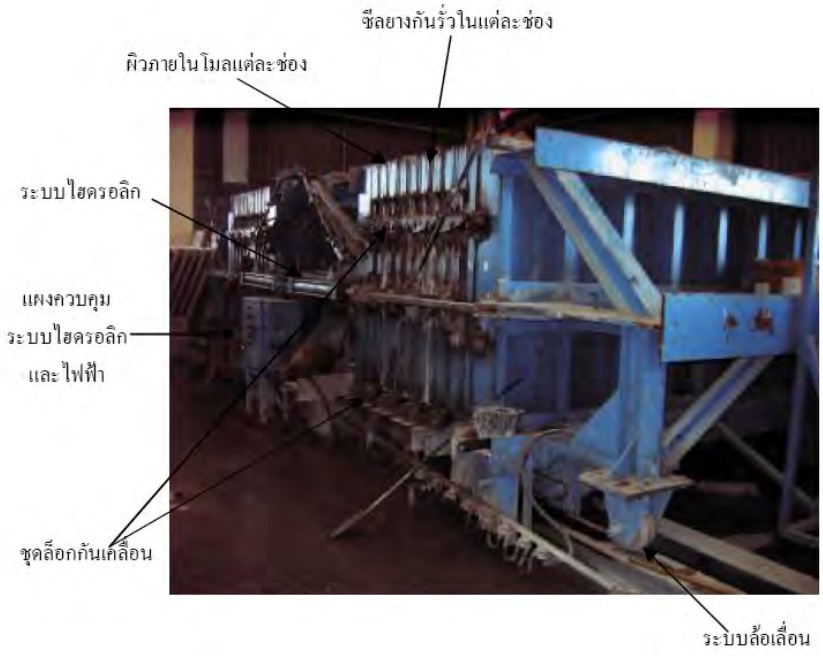
ผู้ทำการตรวจสอบ_____แจ้งซ่อมวันที่_____

ผู้รับผิดชอบงานซ่อม_____แก้ไขเสร็จสิ้นวันที่_____

ภาคผนวก ฉ. ใบรายการตรวจสอบแบบหล่อประเภท Battery เพื่อการแจ้งซ่อมของ PCF2

ใบตรวจเช็คโมล ประเภท Battery Mold สำหรับการซ่อมบำรุง

วันที่ตรวจสอบ_____เวลา_____เลขที่โมล_____



รายการตรวจสอบ

1. ระบบล้อเลื่อนของโมล

รายการตรวจสอบ

- ☐ ลูกล้อของโมลสามารถใช้งานได้ ทั้งหมด
- ☐ รางเดินของลูกล้อไม่มีสิ่งกีดขวาง ทั้ง 4 มุม
- ☐ ระบบโซ่ขับเคลื่อนไม่หย่อนและใช้งานได้ดีทั้ง 4 จุด
- ☐ สายเลื่อนไม่ฉีกขาด และจับยึดแน่นทุกจุด

ผลการตรวจ ☐ ใช้การได้ดี ☐ ต้องทำการซ่อมแซมที่_____

2. แผงควบคุมระบบไฮดรอลิกและไฟฟ้า

รายการตรวจสอบ

- ☐ สวิตซ์ปุ่มกดทุกปุ่มใช้งานได้
- ☐ สวิตซ์ปุ่มหยุดฉุกเฉินใช้งานได้
- ☐ หลอดไฟแสดงสถานะการทำงานติด
- ☐ ความสะอาดของแผงสวิตซ์

ผลการตรวจ ☐ ใช้การได้ดี ☐ ต้องทำการซ่อมแซมที่_____

_____

3. ระบบไฮดรอลิก

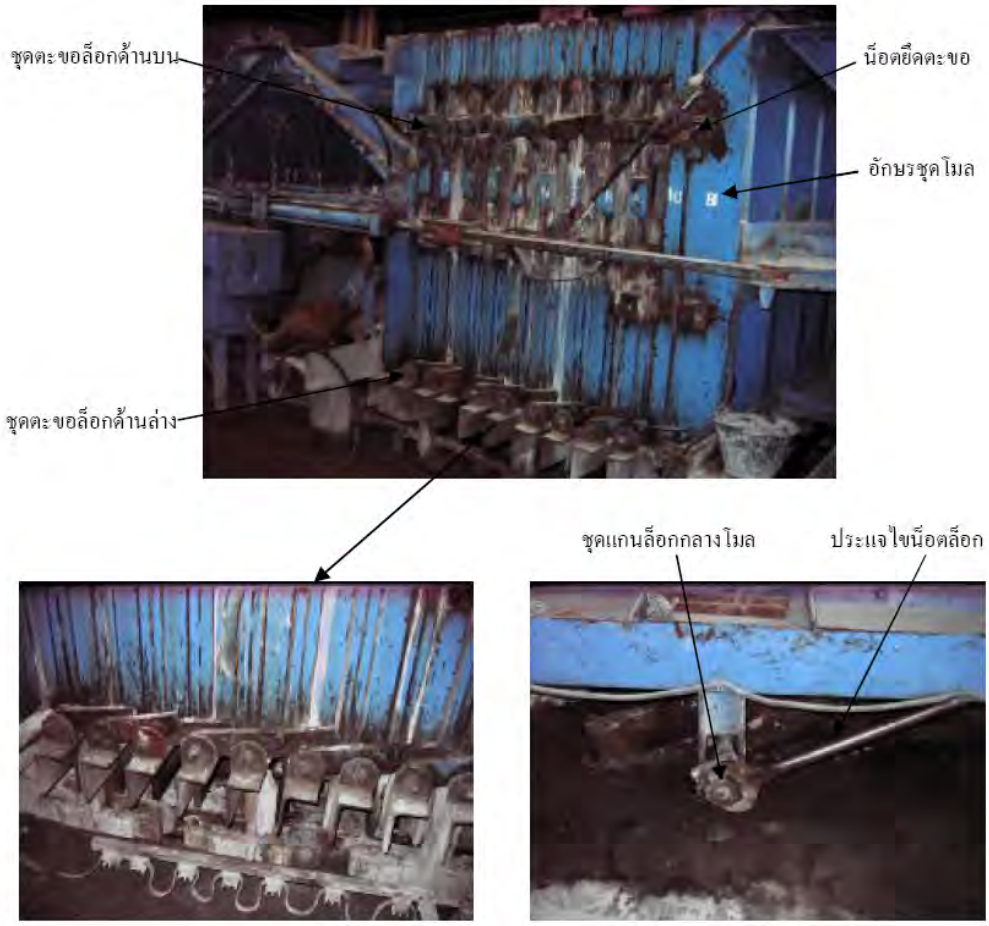
รายการตรวจสอบ

- ☐ บริเวณกระบอกสูบทั้ง 4 ลูก ไม่มีน้ำมันรั่วซึมให้เห็น
- ☐ ระดับของน้ำมันไฮดรอลิกที่ถังน้ำมัน
- ☐ สภาพของสายไฮดรอลิกของทั้งโมล ไม่มีการรั่วซึมและรอยหักงอ
- ☐ การทำงานของระบบไม่มีเสียงผิดปกติขณะเดินเครื่องใช้งาน
- ☐ ตัวค้ำยึดแขนกระบอกสูบยึดแน่น แข็งแรง

ผลการตรวจ ☐ ใช้การได้ดี ☐ ต้องทำการซ่อมแซมที่_____

_____

4. ชุดล็อกกันเคลื่อนของโมล



รายการตรวจสอบ

☐ ชุดล็อกตะขอด้านบนและด้านล่างของโมลชุด A ทั้งสองฝั่ง สามารถล็อกได้แน่นหนา ตัวตะขอล็อกไม่เยินจนทำให้มีช่วงว่างในการล็อกมาก

☐ ชุดล็อกตะขอด้านบนและด้านล่างของโมลชุด A ทั้งสองฝั่ง มีน็อตยึดครบทุกตะขอ

☐ ชุดล็อกตะขอด้านบนและด้านล่างของโมลชุด A ทั้งสองฝั่ง แกนยึดไม่บิดเบี้ยว ผิดรูป

☐ ชุดล็อกตะขอด้านบนและด้านล่างของโมลชุด B ทั้งสองฝั่ง สามารถล็อกได้แน่นหนา ตัวตะขอล็อกไม่เยินจนทำให้มีช่วงว่างในการล็อกมาก

☐ ชุดล็อกตะขอด้านบนและด้านล่างของโมลชุด B ทั้งสองฝั่ง มีน็อตยึดครบทุกตะขอ

☐ ชุดล็อกตะขอด้านบนและด้านล่างของโมลชุด B ทั้งสองฝั่ง แกนยึดไม่บิดเบี้ยว ผิดรูป

☐ ตัวล็อกกลางโมลทั้งด้านบนและด้านล่างสามารถใช้งานได้

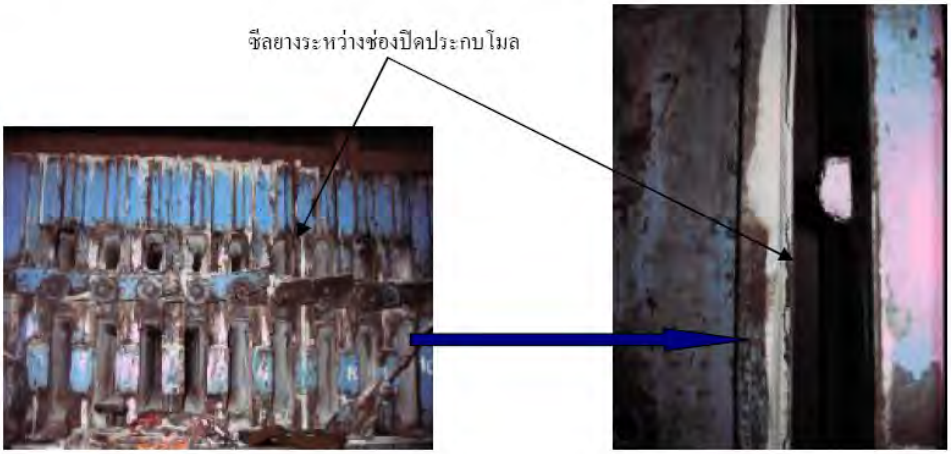
☐ ประแจไขน็อตล็อกกลางโมล จำนวน 1 ตัว

ผลการตรวจ ☐ ใช้การได้ดี ☐ ต้องทำการซ่อมแซมที่_____

_____

_____

5. ซีลยางกันรั่วในแต่ละช่องของโมล และสภาพพื้นผิวภายในโมล



รายการตรวจสอบ

☐ มีซีลยางที่ติดอยู่บริเวณระหว่างช่องปิดประกบของโมลของทุกช่องเซลล์ (ทั้งด้านบนและด้านล่าง)

☐ สภาพของซีลยางอยู่ในสภาพใช้งานได้

☐ ไม่มีเศษปูนติดในระหว่างซีลยางและช่องของขอบยาง

☐ พื้นผิวภายในโมลแต่ละช่องไม่มีรอยลึก และเศษปูนติดอยู่

ผลการตรวจ ☐ ใช้การได้ดี ☐ ต้องทำการซ่อมแซมที่_____

_____

6. อุปกรณ์ประกอบการใช้งานโมล

รายการตรวจสอบ

☐ จำนวนเครื่องจี้คอนกรีต 2 เครื่อง ต่อ โมล 1 ชุด

☐ การใช้งานได้ของเครื่องจี้คอนกรีต

☐ จำนวนสายจี้คอนกรีต (เส้นยาว) 2 เส้น ต่อ โมล 1 ชุด

☐ สภาพของสายจี้สะอาดและพร้อมใช้งาน

ผลการตรวจ ☐ ใช้การได้ดี ☐ ต้องทำการซ่อมแซมที่_____

_____

สรุปรายการตรวจสอบ และสิ่งที่ต้องทำการซ่อมแซม

_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____

- ☐ ควรได้รับการซ่อมแซมด่วน
- ☐ ควรได้รับการซ่อมแซม
- ☐ ใช้การได้แต่ควรได้รับการซ่อมแซม
- ☐ ใช้งานได้ดี

ช่างเทคนิคผู้ทำการตรวจสอบ _____

วิศวกรผู้ทำการตรวจสอบ _____

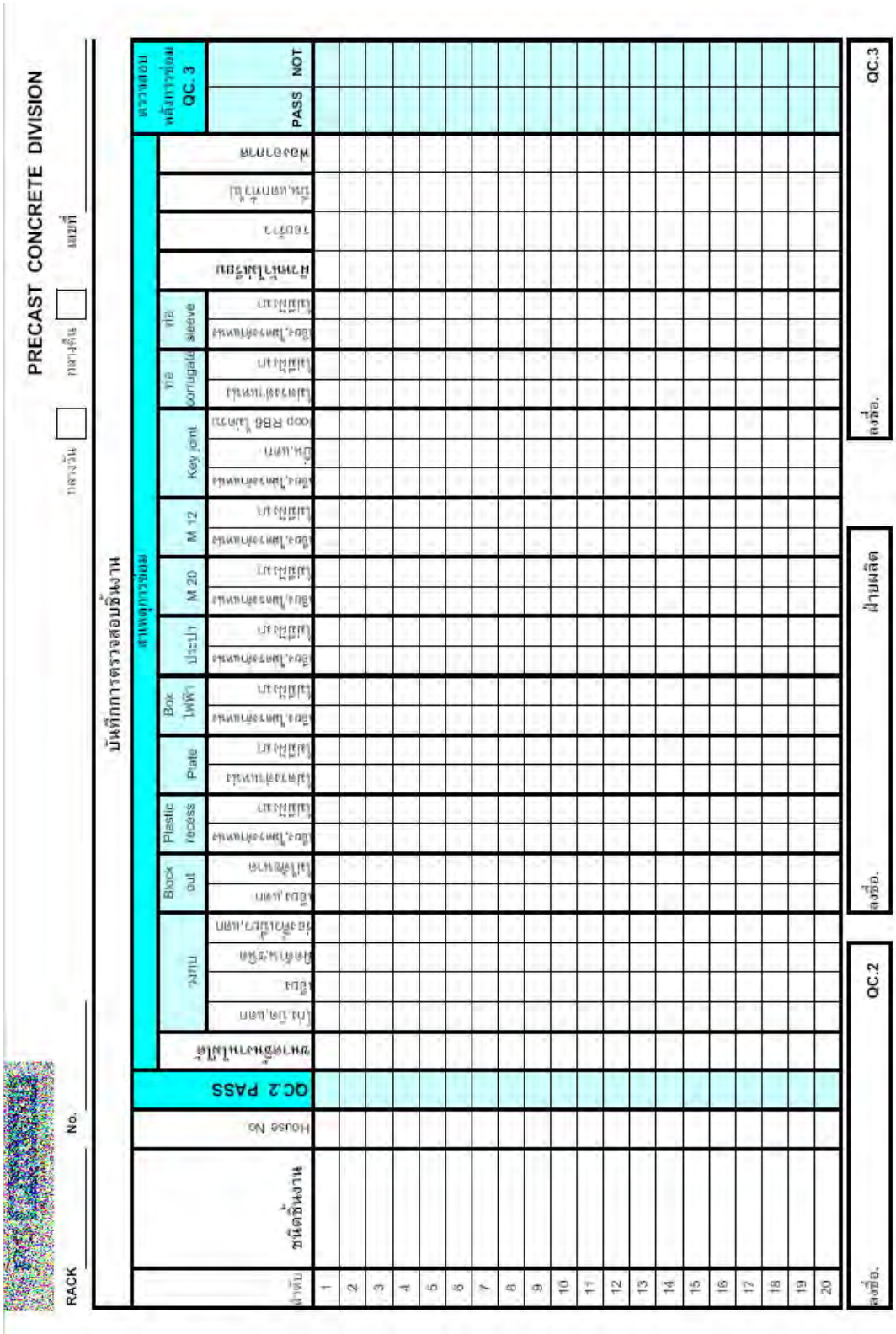
ผู้รับเรื่องของฝ่ายงานซ่อมบำรุง _____วันที่ _____

ผู้รับผิดชอบและติดตามงานซ่อม _____

ได้รับการแก้ไขวันที่ _____

ภาคผนวก ช. ใบเช็คลายการข้อมูล ก่อนและหลังปรับปรุง

ก่อนการปรับปรุง



หลังการปรับปรุง

การผลิตประจำวัน

ประจำวันที่.............................

ITEM	PART OF PRODUCTION						PART OF QUALITY CONTROL																					
							ก่อนเทคอนกรีต								หลังเทคอนกรีต									ตรวจสอบหลังซ่อม		REJECT	ลงชื่อ QC. 3	วันที่
							PC									สาเหตุการซ่อม												
	DesCription	Code	BOQ / m	Element No.	Length (m)	Quanity (Pcs)	ความสะอาด	ใส่ยางฉีด joint	น้ำยาทาแบบ	เหล็กเสริม	ประกอบ/Mould	Lifting anchor	ขนาด	QC.1 Pass	QC.2 Pass	ผิวหน้าไม่เรียบ	บิ่น - แตก	ครีบ	โพรงผึ้ง	[illegible]	ฟองอากาศ	รอยร้าว	ขนาด	Pass	Not			

ความยาวรวม ______ m.

ผู้รับเหมา : ....
(..)

โฟร์แมน/วิศวกร : ....
(..)

QC. 1 : ....
(   )

QC.2 : ....
(......................................)

วิศวกร : ....
(   )

slump ______ cm

เริ่มเทคอนกรีต ______ น.

เทเสร็จ ______ น.

คอนกรีตตามทฤษฎี ______ m3

คอนกรีตตามจริง ______ m3

คอนกรีต Wase ______ m3

รอบที่ .... PCF2 - QC - BA - REV 00

การผลิตประจำวัน

ประจำวันที่..............................

ITEM	PART OF PRODUCTION: Description	Code	BOQ /Pcs.	Battery Cell No.	Quanity (Pcs)	PART OF QUALITY CONTROL: ก่อนเทคอนกรีต PC: ความสะอาดผิว	สภาพ Seal ยาง	ความยาวขึ้นงาน	น้ำมันทาแบบ	เหล็กเสริม	อุปกรณ์ครบตามแบบ	แบบเก็บส่วนหัว	Lifting anchor	ประกอบ Mould	เพลา Lock	QC.1 Pass	หลังเทคอนกรีต: QC.2 Pass	สาเหตุการซ่อม: ผิวหน้าไม่เรียบ	บิ่น - แตก	ครีบ	โพรงหิน	รูพรุน	ฟองอากาศ	รอยร้าว	ไม่ได้ขนาด	ตรวจสอบหลังซ่อม: Pass	Not	REJECT	ลงชื่อ QC.3	วันที่	หมายเหตุ

ผู้รับเหมา : ....
(..............................)

โฟร์แมน/วิศวกร : ....
(..............................)

QC. 1 : ....
(..............................)

อื่นๆ

เครื่องจี้คอนกรีต ________ ตัว

จำนวนคนงานที่ปฏิบัติงาน ________ คน

รายละเอียดอื่นๆ

____

____

____

QC.2 : ....
(..............................)

วิศวกร : ....
(..............................)

slump ________ cm.

เริ่มเทคอนกรีต ________ น.

เทเสร็จ ________ น.

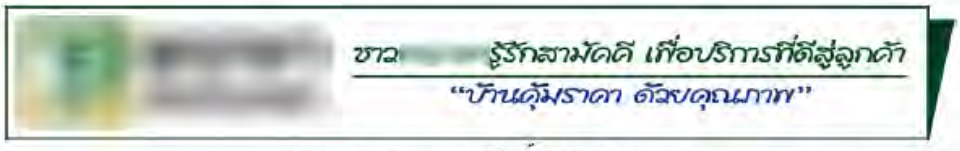
คอนกรีตตามทฤษฎี ________ m3

คอนกรีตตามจริง ________ m3

คอนกรีต Wase ________ m3

ภาคผนวก ซ. มาตรฐานการตรวจรับชิ้นงานของบริษัทกรณีศึกษาก่อนและหลังการปรับปรุง

มาตรฐานการตรวจรับชิ้นงาน PCF1 หลังการปรับปรุง

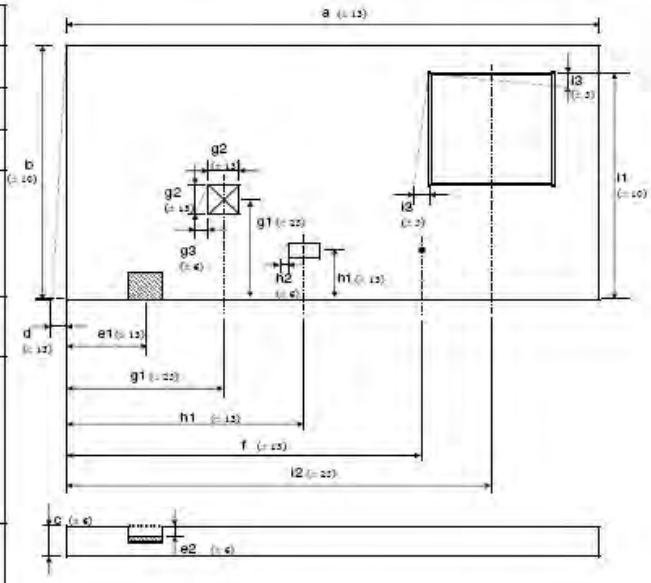


มาตรฐานการตรวจรับชิ้นงาน Precast

ความคลาดเคลื่อนของชิ้นงานที่ยอมรับได้

Dimension / ขนาดของชิ้นงาน

a. ความยาวของแผ่น	± 13 mm.
b. ความสูงของแผ่น	± 10 mm.
c. ความหนาของแผ่น	± 6 mm.
d. แนวตั้ง	± 13 mm.
e. Plate	
e1 ระยะ Plate	± 13 mm.
e2 ความลึกของ Plate	± 6 mm.
f. ระยะ Insert / ปลายท่อประปา,ไฟฟ้า	± 13 mm.
g. Block out	
g1 ระยะ Block out	± 25 mm.
g2 ขนาด Block out	± 13 mm.
g3 ระยะเอียง Block out	± 6 mm.
h. Box ไฟฟ้า	
h1 ระยะ Box ไฟฟ้า	± 13 mm.
h2 ระยะ เอียง	± 6 mm.
i. วงกบ	
i1 ความสูงจากพื้นถึงหลังวงกบ	± 10 mm.
i2 ระยะซ้ายขวา	± 25 mm.
i3 ระยะความเอียง	± 5 mm.



All Dimension are in Millimeter

Crack / รอยร้าว

ความหนาของชิ้นงาน (cm.)	ขนาดรอย Crack ที่ไม่ต้องซ่อม	ขนาดรอย Crack ที่โรงงานต้องซ่อม
12 cm.	0 ถึง 0.3 mm.	ขนาดใหญ่กว่า 0.3 mm.
10 cm.	0 ถึง 0.5 mm.	ขนาดใหญ่กว่า 0.5 mm.

หมายเหตุ : ใช้แผ่น Crack width indicator ในการวัดความกว้างของรอย Crack

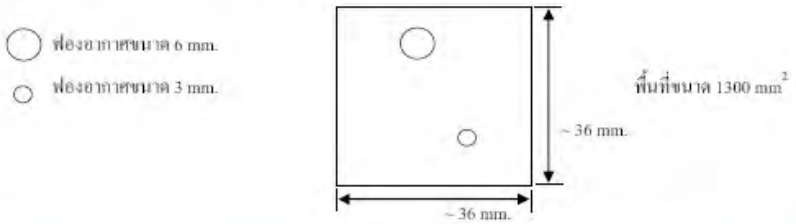
ชา[illegible]รู้รักสามัคคี เพื่อบริการที่ดีสู่ลูกค้า
"บ้านคุ้มราคา ด้วยคุณภาพ"

มาตรฐานการตรวจรับชิ้นงาน Precast

Air Bubble / ฟองอากาศ

ขนาดฟองอากาศตั้งแต่ 6 mm. ขึ้นไป ต้องทำการ Repair ทั้งหมด

ขนาดฟองอากาศตั้งแต่ 3-6 mm. ถ้าในพื้นที่ 1300 mm^2 มีมากกว่า 1 จุด ต้องทำการ Repair



X

✓

Surface / ผิวหน้า

ผิวหน้าของชิ้นงานต้องเรียบ ได้ระดับ ไม่เป็นคลื่นหรือรอยใดๆ

X

✓

หมายเหตุ : มาตรฐานที่จัดทำขึ้นนี้ถูกปรับให้เหมาะสมกับแผ่นคอนกรีตสำเร็จรูปที่ผลิตจากโรงงาน Precast Concrete ของบริษัท [illegible] โดยอ้างอิงจาก มาตรฐาน PCI MNL-116-99 Forth Edition

มาตรฐานการตรวจรับชิ้นงาน PCF2 ก่อนการปรับปรุง

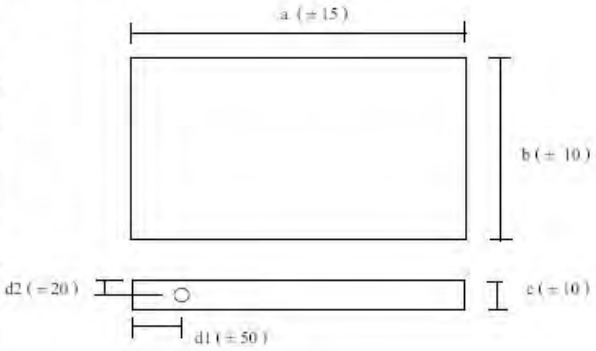
มาตรฐานการตรวจรับชิ้นงาน Precast (SEF) แบบเก่า

ความคลาดเคลื่อนของชิ้นงานที่ยอมรับได้

Dimension / ขนาดของชิ้นงาน

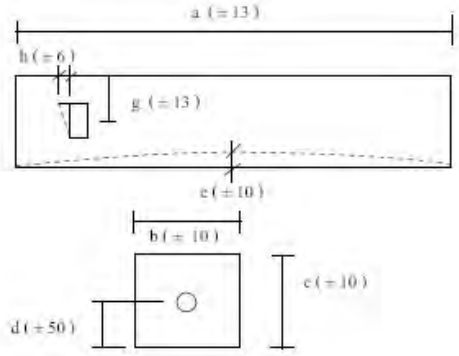
รั้ว

a. ความยาว	± 15 mm.
b. ความสูง	± 10 mm.
c. ความหนา	± 10 mm.
d1. ระยะหูยก	± 50 mm.
d2. ระยะหูยก	± 20 mm.



เสา

a. ความสูง	± 13 mm.
b. ความยาว	± 10 mm.
c. ความหนา	± 10 mm.
d. ระยะหูยก	± 50 mm.
e. ความโก่ง	± 10 mm.
g. ระยะ box ไฟฟ้า	± 13 mm.
h. ระยะเอียง box ไฟฟ้า	± 6 mm.



บิ่น - แตก

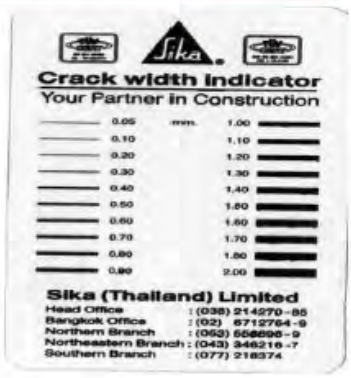
- Key บิ่น - แตกได้ไม่เกิน 10 ซม. ถ้าเกินต้องซ่อม
- ขอบมุมทั่วไป ไม่เกิน 5 ซม. ถ้าเกินต้องซ่อม

[redacted] รู้รักสามัคคี เพื่อบริการที่ดีสู่ลูกค้า
"บ้านคุ้มราคา ด้วยคุณภาพ"

Crack / รอยร้าว

ขนาดรอย Crack ที่ไม่ต้องซ่อม	ขนาดรอย Crack ที่โรงงานต้องซ่อม
0 ถึง 0.3 mm.	ขนาดใหญ่กว่า 0.3 mm.

หมายเหตุ : ใช้ แผ่น Crack width indicator ในการวัดความกว้างของรอย Crack



Air Bubble / ฟองอากาศ

ขนาดฟองอากาศตั้งแต่ 10 mm. ขึ้นไป ต้องทำการ Repair ทั้งหมด

X

✓

หมายเหตุ : อ้างอิงตามมาตรฐาน PCI MNL - 116 - 99 (APPENDIX C Finishes - Standard Grade)

Surface / ผิวหน้า

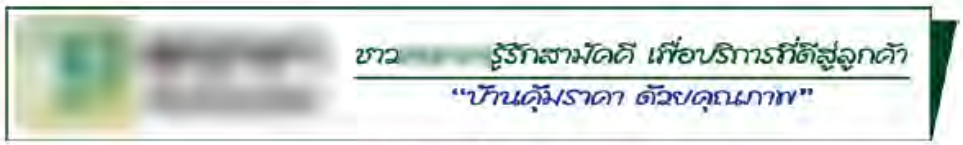
ผิวหน้าของชิ้นงานต้องเรียบ ได้ระดับ ไม่เป็นคลื่นหรือรอยใดๆ

X

✓

หมายเหตุ : มาตรฐานที่จัดทำขึ้นนี้ถูกปรับให้เหมาะสมกับแผ่นคอนกรีตสำเร็จรูปที่ผลิตจากโรงงาน Precast Concrete ของบริษัท [redacted] โดยอ้างอิงจาก มาตรฐาน PCI MNL-116-99 Forth Edition

มาตรฐานการตรวจรับชิ้นงาน PCF2 หลังการปรับปรุง



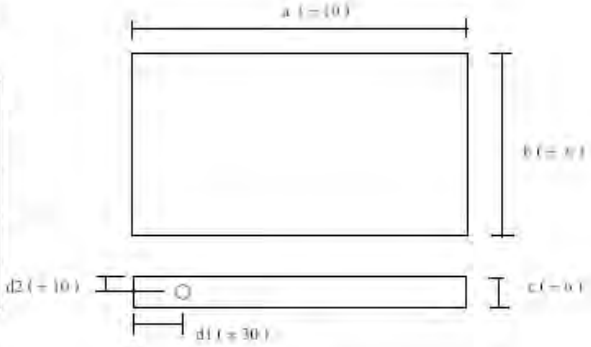
มาตรฐานการตรวจรับชิ้นงาน Precast (PCF2)

ความคลาดคลื่อนของชิ้นงานที่ยอมรับได้

Dimension / ขนาดของชิ้นงาน

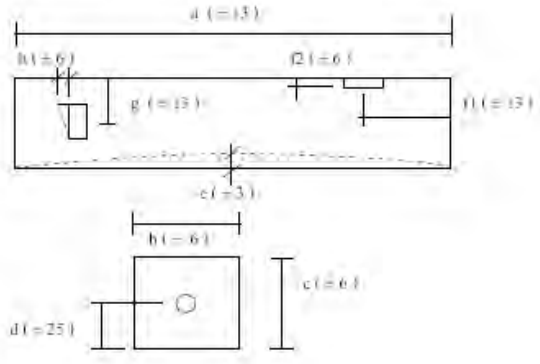
รั้ว

a. ความยาว	± 10 mm.
b. ความสูง	± 6 mm.
c. ความหนา	± 6 mm.
d1. ระยะหูยก	± 30 mm.
d2. ระยะหูยก	± 10 mm.



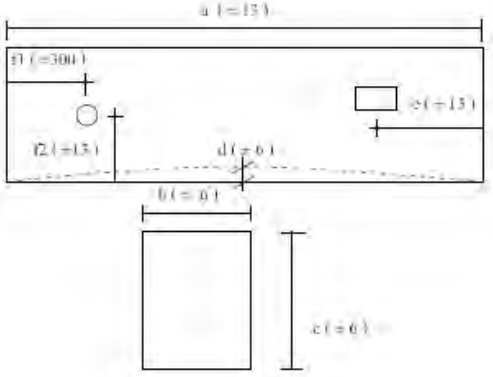
เสา

a. ความสูง	± 13 mm.
b. ความยาว	± 6 mm.
c. ความหนา	± 6 mm.
d. ระยะหูยก	± 25 mm.
e. ความโค่ง	± 3 mm.
f1. ระยะ plate	± 13 mm.
f2.ความลึกของ plate	± 6 mm.
g. ระยะ box ไฟฟ้า	± 13 mm.
h. ระยะเอียง box ไฟฟ้า	± 6 mm.



คาน

a. ความยาว	± 13 mm.
b. ความกว้าง	± 6 mm.
c. ความหนา	± 6 mm.
d. ความโค่ง	± 6 mm.
e. ระยะวัสดุฝัง	± 13 mm.
f1. ระยะหูยก	± 300 mm.
f2. ระยะหูยก	± 13 mm.



ชา[illegible]รู้รักสามัคคี เพื่อบริการที่ดีสู่ลูกค้า
"บ้านคุ้มราคา ด้วยคุณภาพ"

Crack / รอยร้าว

ขนาดรอย Crack ที่ไม่ต้องซ่อม	ขนาดรอย Crack ที่โรงงานต้องซ่อม
0 ถึง 0.3 mm.	ขนาดใหญ่กว่า 0.3 mm.

หมายเหตุ : ใช้แผ่น Crack width indicator ในการวัดความกว้างของรอย Crack

Air Bubble / ฟองอากาศ

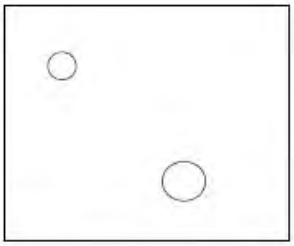
ขนาดฟองอากาศตั้งแต่ 10 mm. ขึ้นไป ต้องทำการ Repair ทั้งหมด

ขนาดฟองอากาศตั้งแต่ 6 < 10 mm. ถ้าในพื้นที่ 1300 mm^2 มีมากกว่า 1 จุด ต้องทำการ Repair

ขนาดฟองอากาศ < 6 mm. ไม่ต้องทำการ Repair

○ ฟองอากาศขนาด 6 mm.

◯ ฟองอากาศขนาด 10 mm.



พื้นที่ขนาด 1300 mm^2

~36 mm.

~36 mm.

หมายเหตุ : อ้างอิงตามมาตรฐาน PCI MNL - 116 - 99 (APPENDIX C Finishes - Standard Grade)

X

✓

Surface / ผิวหน้า

ผิวหน้าของชิ้นงานต้องเรียบ ได้ระดับ ไม่เป็นคลื่นหรือรอยใดๆ

X

✓

หมายเหตุ : มาตรฐานที่จัดทำขึ้นนี้ถูกปรับให้เหมาะสมกับแผ่นคอนกรีตสำเร็จรูปที่ผลิตจากโรงงาน Precast Concrete ของบริษัท

[redacted] โดยอ้างอิงจาก มาตรฐาน PCI MNL-116-99 Forth Edition

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายกังวาฬ กิติชัยชาญ เกิดเมื่อวันที่ 20 พฤศจิกายน พ.ศ. 2524 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ จากคณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร ในปี พ.ศ.2547 และสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาบัณฑิต สาขาการตลาด จากคณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยรามคำแหง ในปี พ.ศ. 2549 ต่อมาในปี พ.ศ. 2549 ได้เข้าศึกษาต่อในระดับปริญญามหาบัณฑิต ณ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย