

การปรับปรุงแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกันบนพื้นฐานความน่าเชื่อถือ
กรณีศึกษาอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์คอนกรีต

Improvement of Preventive Maintenance based upon Reliability:

A Case Study of Concrete Product Industry

สมศักดิ์ สัมฤทธิ์¹ อรรถกร เก่งพล¹ และสมภาพ ตลับแก้ว²

Somsak Samrit¹, Athakorn Kengpol¹ and Sompoap Talabgaew²

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดเวลาสูญเสียที่เกิดจากความเสียหายของเครื่องจักรในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์คอนกรีตโดยใช้หลักการวิศวกรรมความน่าเชื่อถือ (Reliability Engineering) มาทำการวิเคราะห์รอบเวลาการบำรุงรักษา เพื่อนำไปปรับปรุงแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance) และเพิ่มความน่าเชื่อถือให้กับเครื่องจักร แนวทางในการดำเนินการวิจัยเริ่มจากการจัดลำดับความสำคัญของชิ้นส่วน (Critical Components) เครื่องผสมคอนกรีตและนำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์ความเสียหายและระดับความเสี่ยงของชิ้นส่วนด้วยวิธีการภาวะความผิดพลาดและการวิเคราะห์ผลกระทบ (Failure Mode and Effects Analysis: FMEA) จากนั้นทำการคำนวณรอบเวลาการบำรุงรักษาชิ้นส่วนที่เหมาะสมต่อการใช้งานด้วยการประมาณค่าความน่าเชื่อถือและนำรอบเวลาที่ได้มาทำการปรับปรุงแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกันให้กับเครื่องผสมคอนกรีตเพื่อใช้เป็นมาตรฐานในการบำรุงรักษา หลังจากการดำเนินงานวิจัยพบว่าสามารถลดเวลาสูญเสียที่เกิดจากความเสียหายของเครื่องผสมคอนกรีตลงได้ 437.16 นาทีต่อเดือน หรือคิดเป็นอัตราเวลาความเสียหายของเครื่องจักรที่ลดลงเท่ากับ 50.52%

คำสำคัญ : วิศวกรรมความน่าเชื่อถือ การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน ภาวะความผิดพลาดและการวิเคราะห์ผลกระทบ

ABSTRACT

The objective of this paper is to reduce the concrete-mixing machines breakdown time. The reliability engineering approach is applied for analyzing the optimal period time of maintenance schedule in order to improve the preventive maintenance plan and increase the machine reliability. Initially, research methodology precedes the priority of critical components in concrete-mixing machines. Failure and risk

¹ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ กรุงเทพฯ 10800

Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Bangkok 10800

² ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ กรุงเทพฯ 10800

Department of Teacher Training in Mechanical Engineering, Faculty of Technical Education, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Bangkok 10800

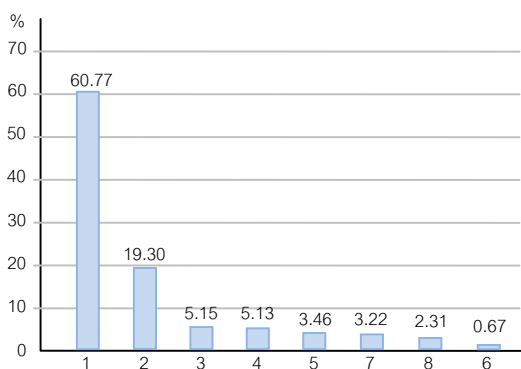
level of components are analyzed by using failure mode and effects analysis (FMEA) and then calculated the cycle time of the optimal maintenance with approximating reliability value. The optimal cycle time of maintenance is used to improve the preventive maintenance plan of concrete mixer machines in order to leverage standardize of the maintenance program. The result of this approach shows that breakdown time of the concrete-mixing machine was reduced by 436.69 minutes / month (or 51.22% reducing).

Keywords : Reliability Engineering, Preventive Maintenance, Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)

E-mail : ssr.kmutnb@gmail.com

คำนำ

โดยทั่วไปเครื่องจักรจะมีการสึกหรอที่เกิดจากการใช้งานและสภาพสิ่งแวดล้อมแม้ว่าจะมีการออกแบบที่ดีก็ตาม ดังนั้นจึงต้องมีการตรวจเช็คสภาพตามระยะเวลาเพื่อทำการซ่อมแซมและทำการเปลี่ยนทดแทนชิ้นส่วนก่อนที่จะเกิดความเสียหาย ด้วยเหตุผลดังกล่าวกิจกรรมการบำรุงรักษาเชิงป้องกันจึงมีบทบาทที่สำคัญในการปกป้องการเสื่อมสภาพและลดเวลาสูญเสียจากความเสียหายของเครื่องจักร แต่ในการดำเนินการของกิจกรรมดังกล่าวมักจะอาศัยข้อมูลที่กำหนดไว้ในคู่มือการใช้งานเครื่องจักรมาเป็นพื้นฐานในการกำหนดแผนการบำรุงรักษาซึ่งในทางปฏิบัติอาจไม่เหมาะสมที่จะนำไปใช้วางแผนกับเครื่องจักรที่มีอายุการใช้งานที่มากเพราะอุปกรณ์บางประเภทอาจจะไม่อยู่ในสภาพที่พร้อมใช้งานซึ่งเป็นสาเหตุทำให้เครื่องจักรเกิดความเสียหายก่อนแผนการบำรุงรักษาที่ได้กำหนดไว้ เช่นเดียวกับโรงงานผลิตผลิตภัณฑ์คอนกรีตที่เป็นกรณีศึกษานี้ เป็นโรงงานที่มีการดำเนินการบำรุงรักษาเครื่องจักรอยู่แล้วแต่ยังขาดการวางแผนที่ชัดเจนทำให้การบำรุงรักษาในปัจจุบันไม่ค่อยได้ผลเท่าที่ควรโดยสามารถสังเกตได้อย่างชัดเจนคือยังมีเครื่องจักรบางประเภทที่ชำรุดเสียหายค่อนข้างมากซึ่งสาเหตุหลักเกิดมาจากเครื่องจักรส่วนมากถูกใช้งานมานาน (ก่อตั้งในปี 2521) และเกิดความเสียหายของเครื่องจักรอย่างกะทันหันในระหว่างทำการผลิตซึ่งทำให้เกิดการสูญเสียเวลาในการผลิตดังแสดงในภาพที่ 1



รายการเครื่องจักรในสายการผลิต	เวลาที่เครื่องจักรเกิดความเสียหาย
1. เครื่องผสมคอนกรีต No.1	10,384 นาที
2. เครื่องผสมคอนกรีต No.2	3,298 นาที
3. เครื่องคังลวด No.1	880 นาที
4. เครื่องคังลวด No.2	876 นาที
5. เครื่องคังลวด No.3	591 นาที
6. เครื่องคังลวด No.4	141 นาที
7. เครื่องคังลวด No.5	550 นาที
8. เครื่องตัดลวด	395 นาที

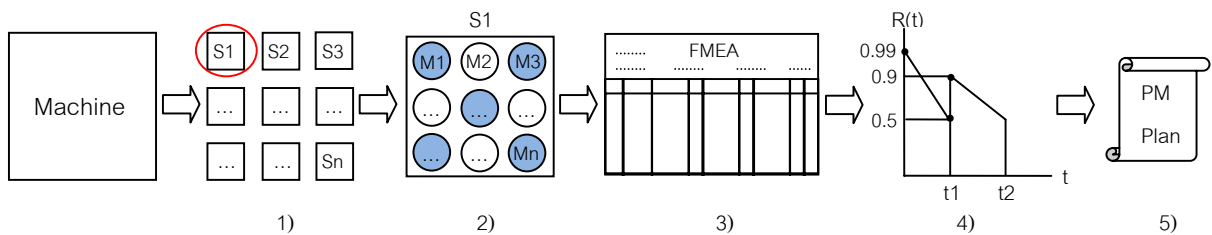
ภาพที่ 1 เวลาสูญเสียของเครื่องจักรในสายการผลิตผลิตภัณฑ์คอนกรีต (ก.ค.2550-มิ.ย.2551)

สำหรับข้อมูลเวลาสูญเสียเนื่องจากเครื่องจักรเกิดความเสียหายในสายการผลิตผลิตภัณฑ์คอนกรีตดังภาพที่ 1 พบว่า เครื่องผสมคอนกรีต No.1 เกิดเวลาสูญเสียมากที่สุดหรือคิดเป็น 60.77% ของเวลาสูญเสียจากเครื่องจักรในสายการผลิตทั้งหมด ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงเลือกเครื่องผสมคอนกรีต No.1 เพื่อใช้เป็นกรณีศึกษาสำหรับทำการแก้ปัญหาเวลาสูญเสียจากความเสียหายของเครื่องจักรโดยประยุกต์ใช้หลักการวิศวกรรมความน่าเชื่อถือในการกำหนดรอบเวลาการบำรุงรักษาขึ้นส่วนและนำไปปรับปรุงแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกันให้เหมาะสมกับสภาพการใช้งานของเครื่องผสมคอนกรีต No.1 ในปัจจุบัน

อุปกรณ์และวิธีการ

สำหรับวิธีการปรับปรุงแผนการบำรุงรักษาด้วยการปรับรอบเวลาการบำรุงรักษาขึ้นส่วนของเครื่องผสมคอนกรีต No.1 ให้เหมาะสม สามารถแบ่งเป็นขั้นตอนในการดำเนินการได้ดังนี้

1. จำแนกส่วนประกอบของเครื่องจักรออกเป็นระบบย่อย
2. วิเคราะห์ความสำคัญของชิ้นส่วนในแต่ละระบบย่อย
3. หาภาวะความผิดพลาดและการวิเคราะห์ผลกระทบ (FMEA) ของชิ้นส่วนที่สำคัญ
4. ประเมินรอบการบำรุงรักษาด้วยการประมาณค่าความน่าเชื่อถือ
5. ปรับปรุงแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกันและสรุปผลงานวิจัย



หมายเหตุ Subsystem: S = ระบบย่อย และ Mechanism: M = ชิ้นส่วนเครื่องจักร

ภาพที่ 2 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

จากภาพที่ 2 การดำเนินงานวิจัยเริ่มจากขั้นตอนที่ 1) ผู้วิจัยและทีมงานของโรงงานกรณีศึกษาทำการจำแนกส่วนประกอบของเครื่องผสมคอนกรีต No.1 ออกเป็นระบบย่อยตามลักษณะหน้าที่การทำงานของชิ้นส่วนในแต่ละระบบ โดยสามารถแบ่งได้เป็น 10 ระบบ หรือมีจำนวนชิ้นส่วนทั้งสิ้น 69 ชิ้นส่วน ขั้นตอนที่ 2) ทำการวิเคราะห์ความสำคัญของชิ้นส่วน (Critical Components) ในแต่ละระบบย่อยทั้ง 69 ชิ้นส่วนโดยใช้วิธีของศิริรัตน์ (2537) ในการแบ่งความสำคัญของชิ้นส่วนออกเป็น 3 ระดับ (สำคัญมาก สำคัญปานกลางและสำคัญน้อย) และเลือกชิ้นส่วนที่สำคัญมากซึ่งมีจำนวนทั้งหมด 32 ชิ้นส่วนไปทำการวิเคราะห์ผลกระทบจากความเสียหายที่เกิดขึ้น ขั้นตอนที่ 3) นำชิ้นส่วนที่สำคัญมากทั้ง 32 ชิ้นส่วนมาทำการหาภาวะความผิดพลาดและการวิเคราะห์ผลกระทบ (FMEA) โดยใช้เกณฑ์ของ Chrysler, Ford and General Motors (1995) ในการให้ลำดับผลกระทบของความรุนแรง (Severity) โอกาสเกิดความผิดพลาด (Occurrence) และโอกาสที่จะตรวจจับโดยการควบคุมกระบวนการ (Detection) และใช้เกณฑ์ของ Stamatis (1995) ในการพิจารณาตัวเลขลำดับความเสี่ยง (Risk Priority Number: RPN) ที่มีค่ามากกว่า 100 คะแนนขึ้นไปซึ่งมีจำนวน

ชิ้นส่วนที่ผ่านเกณฑ์ดังกล่าวทั้งสิ้น 8 ชิ้นส่วน ชิ้นตอนที่ 4) นำชิ้นส่วนที่เลือกพิจารณาจากชิ้นตอนที่ 3) มาทำการประมาณค่าความน่าเชื่อถือจากข้อมูลระยะเวลาความเสียหายด้วยการทดสอบการกระจายโดยการวิเคราะห์ทางสถิติและใช้เกณฑ์ของ Samanta, Sakar, and Mukherjee (2004) ในการกำหนดรอบเวลาการบำรุงรักษาที่ค่าความน่าเชื่อถือคาดหวังในระดับ 60% ชิ้นตอนที่ 5) นำรอบเวลาที่ได้จากการประมาณค่าความน่าเชื่อถือของแต่ละชิ้นส่วนทั้ง 8 ชิ้นส่วนมาทำการปรับปรุงแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกันเดิมของเครื่องผสมคอนกรีต No.1 พร้อมทั้งนำแผนที่ได้ไปใช้กับเครื่องจักรกรณีศึกษาโดยเริ่มตั้งแต่ ม.ค.52-มิ.ย.52 และทำการสรุปผลก่อนและหลังการปรับปรุงแผนการบำรุงรักษา

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. การจำแนกส่วนประกอบของเครื่องจักรออกเป็นระบบย่อย

ผลการจำแนกส่วนประกอบของเครื่องผสมคอนกรีต No.1 โดยแบ่งตามลักษณะการทำงานสามารถจำแนกได้เป็น 10 ระบบย่อย และในแต่ละระบบย่อยจะมีจำนวนชิ้นส่วนที่แตกต่างกันดังแสดงไว้ในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ส่วนประกอบในระบบย่อยของเครื่องผสมคอนกรีต

ระบบการทำงาน	จำนวนชิ้นส่วน	ระบบการทำงาน	จำนวนชิ้นส่วน
1. ระบบผสมคอนกรีต	8	6. ระบบสัน (เขย่า)	4
2. ระบบลำเลียงกะพ้อตาขังวัสดุผสม	6	7. ระบบไฮดรอลิค	9
3. ระบบกว้านวัสดุผสม	9	8. ระบบนิวเมติก	9
4. ระบบปูนซีเมนต์	4	9. ระบบไฟฟ้า	12
5. ระบบน้ำและน้ำยาผสมคอนกรีต	6	10. ระบบหล่อลื่น	2

2. การวิเคราะห์ความสำคัญของชิ้นส่วนในแต่ละระบบย่อย

แนวทางการเลือกชิ้นส่วนที่สำคัญของเครื่องผสมคอนกรีต No.1 จะพิจารณาจากการวิเคราะห์ความสำคัญของชิ้นส่วน (Critical Components: CC) ในแต่ละระบบย่อยทั้งหมดจากตารางที่ 1 โดยใช้วิธีการของศิริรัตน์ (2537) ในการกำหนดน้ำหนักและระดับคะแนนของชิ้นส่วนตามแต่ละปัจจัย (x) ดังนี้

คะแนน 1 หมายถึง ผลกระทบจากปัจจัยนั้นน้อยที่สุด คะแนน 3 หมายถึง ผลกระทบจากปัจจัยนั้นมาก

คะแนน 2 หมายถึง ผลกระทบจากปัจจัยนั้นน้อย คะแนน 4 หมายถึง ผลกระทบจากปัจจัยนั้นมากที่สุด

ผู้ปฏิบัติงานจะทำการประเมินคะแนนให้กับชิ้นส่วนจากระดับคะแนนต่างๆ ข้างต้น โดยคะแนนดังกล่าวที่ได้จะถูกนำไปทำการวิเคราะห์ความสำคัญของชิ้นส่วนจากการคำนวณในสมการที่ 1 ซึ่งตัวอย่างของการคำนวณสามารถแสดงไว้ในตารางที่ 2

$$CC=[2x_1+2.5x_2+2.5x_3+3x_4]/10 \quad (1)$$

โดยที่ x_1 คือ ปัจจัยความมากน้อยในการใช้งานชิ้นส่วน

x_2 คือ ปัจจัยราคาของชิ้นส่วน

x_3 คือ ปัจจัยระยะเวลาที่ใช้ในการซ่อมแซมหรือเปลี่ยนชิ้นส่วน

x_4 คือ ปัจจัยผลกระทบต่อชิ้นส่วนอื่น

ตารางที่ 2 ตัวอย่างการคำนวณค่าลำดับความสำคัญของชิ้นส่วนในระบบผสมคอนกรีต

น้ำหนัก	2	2.5	2.5	3	CC	ลำดับ ความสำคัญ
ชิ้นส่วน	x_1	x_2	x_3	x_4		
1. มอเตอร์เกียร์ผสมคอนกรีต	4	4	3	3	3.45	A
2. ใบปาด	4	1	3	3	2.70	B
3. ฟาครอบเครื่องผสมคอนกรีต	2	2	3	1	1.95	C

หมายเหตุ A: $CC > 2.74$, B: $2.01 \leq CC \leq 2.74$ และ C: $CC < 2.01$

ผลการวิเคราะห์ความสำคัญของชิ้นส่วนในแต่ละระบบย่อยแสดงไว้ในตารางที่ 3 โดยเลือกพิจารณาชิ้นส่วนที่ลำดับความสำคัญ A (สำคัญมาก) มาทำการหาภาวะความผิดพลาดและการวิเคราะห์ผลกระทบ (FMEA)

ตารางที่ 3 ลำดับความสำคัญของชิ้นส่วนเครื่องผสมคอนกรีต No.1

ลำดับความสำคัญ	การแบ่งกลุ่มความสำคัญของชิ้นส่วน	จำนวนชิ้นส่วน
A	ได้รับการเอาใจใส่ในการบำรุงรักษาเป็นอย่างดี (ชิ้นส่วนสำคัญมาก)	32
B	ได้รับการเอาใจใส่ในการบำรุงรักษาพอสมควร (ชิ้นส่วนสำคัญปานกลาง)	26
C	ได้รับการเอาใจใส่ในการบำรุงรักษาน้อย (ชิ้นส่วนสำคัญน้อย)	11

3. การหาภาวะความผิดพลาดและการวิเคราะห์ผลกระทบ (FMEA) ของชิ้นส่วนที่สำคัญ

จากชิ้นส่วนที่ลำดับความสำคัญ A ทั้ง 32 ชิ้นส่วน เมื่อนำมาหาภาวะความผิดพลาดและการวิเคราะห์ผลกระทบ (FMEA) ด้วยการให้คะแนนลำดับผลกระทบของความรุนแรง (Severity: S) คะแนนโอกาสเกิดความผิดพลาด (Occurrence: O) และคะแนนโอกาสที่จะตรวจจับ (Detection: D) ตามเกณฑ์ของ Chrysler, Ford และ General Motors (1995) โดยนำคะแนนทั้ง 3 ประเภหามาคำนวณหาค่า $RPN=S \times O \times D$ และพิจารณาที่ตัวเลขลำดับความเสี่ยง (Risk Priority Number: RPN) ตั้งแต่ 100 คะแนนขึ้นไป สามารถแสดงผลได้ในตารางที่ 4 ดังนี้

ตารางที่ 4 ชิ้นส่วนที่มีค่า RPN ตั้งแต่ 100 คะแนนขึ้นไปและวิธีการควบคุมในปัจจุบัน

ชิ้นส่วน	วิธีการควบคุมในปัจจุบัน	RPN	ชิ้นส่วน	วิธีการควบคุมในปัจจุบัน	RPN
1. มอเตอร์เกียร์ผสมคอนกรีต	- ตรวจสอบมอเตอร์เกียร์ผสมคอนกรีตด้วยการฟังเสียง	378	5. มอเตอร์เกียร์กะพ้อตาข้างวัสดุผสม	- ตรวจสอบมอเตอร์เกียร์ผสมคอนกรีตด้วยการฟังเสียง	378
2. แผ่นไลเนอร์รอบนอก	- ตรวจสอบแผ่นไลเนอร์รอบนอกด้วยสายตา	168	6. กะพ้อตาข้างวัสดุผสม	- ตรวจสอบกะพ้อตาข้างวัสดุผสมด้วยสายตา	168
3. แผ่นไลเนอร์รอบใน	- ตรวจสอบแผ่นไลเนอร์รอบในด้วยสายตา	168	7. รอกกะพ้อตาข้างวัสดุผสม	- ตรวจสอบรอกกะพ้อตาข้างวัสดุผสมด้วยสายตา	168
4. แผ่นพื้นไลเนอร์	- ตรวจสอบแผ่นพื้นไลเนอร์ด้วยสายตา	196	8. สลิงกะพ้อตาข้างวัสดุผสม	- ตรวจสอบสลิงกะพ้อตาข้างวัสดุผสมด้วยสายตา	378

จากผลในตารางที่ 4 ทำให้ทราบถึงชิ้นส่วนที่ควรได้รับการแก้ไขเพื่อลดผลกระทบของความรุนแรงจากเวลาสูญเสียของเครื่องผสมคอนกรีต No.1 ที่เกิดความเสียหายในขณะที่ทำการผลิตและเพิ่มโอกาสในการตรวจพบความเสียหายให้สูงขึ้นโดยทำการปรับปรุงแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกันบนพื้นฐานความน่าเชื่อถือ

4. การประมาณค่าความน่าเชื่อถือ (Reliability Estimation)

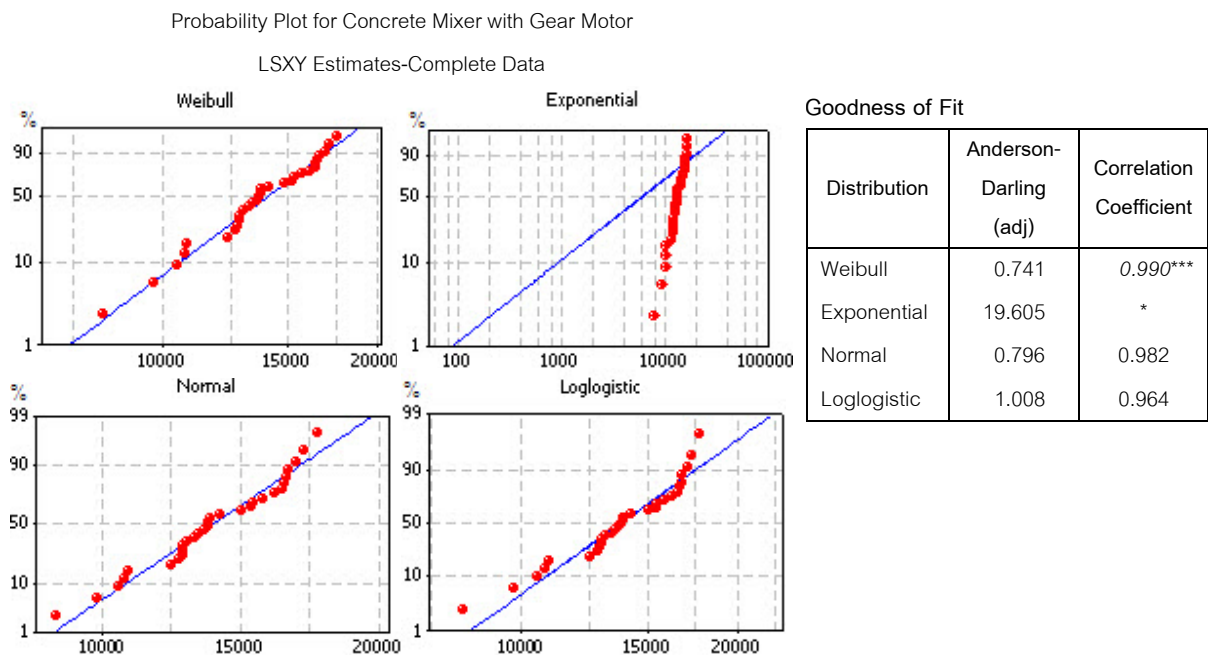
ในทางปฏิบัติจะไม่สามารถทราบได้ว่าชิ้นส่วนนั้นมีค่าความน่าเชื่อถือที่แทนด้วยฟังก์ชันการแจกแจงใดและค่าพารามิเตอร์ที่ใช้คืออะไร จึงไม่สามารถนำไปวางแผนบำรุงรักษาเชิงป้องกันได้ (สมภพ, 2550)

เพื่อให้ทราบถึงข้อมูลพารามิเตอร์ดังกล่าวจึงได้นำข้อมูลระยะเวลาความเสียหาย (Time To Failure) ของชิ้นส่วนมาใช้ในการประมาณค่าโดยยกตัวอย่างข้อมูลความเสียหายของมอเตอร์เกียร์ผสมคอนกรีต ดังตารางที่ 5 มาทดสอบการกระจายโดยการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยวิธี Goodness of Fit

ตารางที่ 5 ระยะเวลาความเสียหายของมอเตอร์เกียร์ผสมคอนกรีต

ระยะเวลาความเสียหาย (หน่วย : จำนวนรอบของการผสมคอนกรีต)									
8,298	9,763	10,536	10,788	10,903	12,455	12,731	12,864	12,891	12,923
13,053	13,331	13,467	13,675	13,798	13,840	13,887	14,203	14,971	15,362
15,439	15,801	16,182	16,476	16,566	16,650	16,711	17,005	17,278	17,720

ผลการทดสอบการกระจายความเสียหายของมอเตอร์เกียร์ผสมคอนกรีตด้วยโปรแกรมทางสถิติพบว่าข้อมูลมีความเหมาะสมกับฟังก์ชันการแจกแจง Weibull มากที่สุด เพราะว่า ฟังก์ชันการแจกแจง Weibull มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) มากกว่าฟังก์ชันประเภทอื่นโดยมีค่าเท่ากับ 0.99 ดังแสดงผลในภาพที่ 3 และเมื่อทราบฟังก์ชันการแจกแจงที่เหมาะสม ดังนั้นจึงทำการวิเคราะห์หาค่าพารามิเตอร์ความเสียหายของมอเตอร์เกียร์ผสมคอนกรีตด้วยฟังก์ชันการแจกแจง Weibull โดยใช้โปรแกรมทางสถิติซึ่งได้ผลดังแสดงในตารางที่ 6



ภาพที่ 3 กราฟความน่าจะเป็นและผลการกระจายความเสียหายของมอเตอร์เกียร์ผสมคอนกรีต

ตารางที่ 6 การประมาณค่าพารามิเตอร์และรอบการผสมคอนกรีตโดยเฉลี่ยก่อนที่จะเกิดความเสียหาย (Mean Time To Failure: MTTF) ของมอเตอร์เกียร์ผสมคอนกรีต

Parameter Estimates					MTTF				
Parameter	Estimate	Standard Error	95% Normal CI		Distribution	Mean	Standard Error	95% Normal CI	
			Lower	Upper				Lower	Upper
Shape	6.60339	1.07383	4.80117	9.0842	Weibull	13,965.2	451.64	13,107.5	14,879.0
Scale	14,975.0	435.426	14,145.4	15,853.2					

จากผลการทดสอบทางสถิติดังตารางที่ 6 สามารถนำค่าพารามิเตอร์มาทำการประมาณค่าความน่าเชื่อถือเพื่อใช้ในการระบุช่วงเวลาการบำรุงรักษาด้วยฟังก์ชันการแจกแจง Weibull ดังสมการที่ 3

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t}{\theta}\right)^\gamma} \quad (3)$$

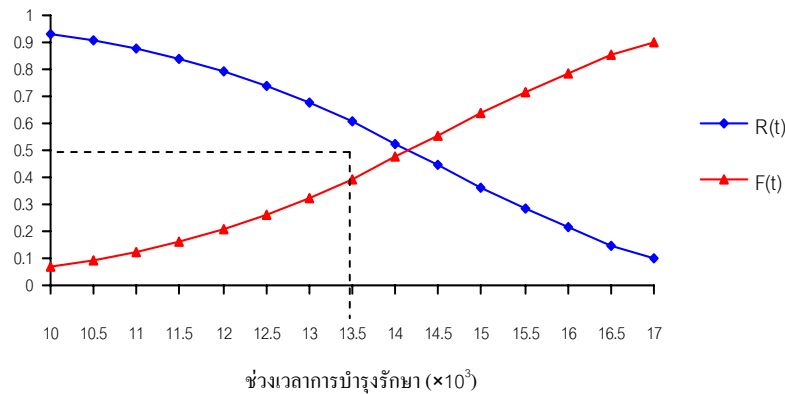
- โดยที่
- R(t) คือ ความน่าเชื่อถือของมอเตอร์เกียร์ผสมคอนกรีต
 - t คือ รอบการผสมคอนกรีตของมอเตอร์เกียร์ผสมคอนกรีต
 - γ คือ พารามิเตอร์ที่แสดงขนาดของฟังก์ชัน (Shape Parameter)
 - θ คือ พารามิเตอร์ที่แสดงรูปร่างของฟังก์ชัน (Scale Parameter)

การประมาณค่าความน่าเชื่อถือของมอเตอร์เกียร์ผสมคอนกรีตสามารถคำนวณได้ด้วยการแทนค่าพารามิเตอร์ลงในสมการที่ 3 โดยผลการประมาณค่าความน่าเชื่อถือได้แสดงในตารางที่ 7 ดังนี้

ตารางที่ 7 ช่วงเวลาการบำรุงรักษาสำหรับความน่าเชื่อถือที่คาดหวัง

ความน่าเชื่อถือที่คาดหวัง (%)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
ช่วงเวลาการบำรุงรักษา (รอบการผสมคอนกรีต)	16,991	16,094	15,401	14,778	14,166	13,526	12,810	11,932	10,650	0

จากผลในตารางที่ 7 ทำการพิจารณาค่าความน่าเชื่อถือที่คาดหวังในระดับ 60% (Samanta, Sakar and Mukherjee, 2004) พบว่าต้องทำการบำรุงรักษามอเตอร์เกียร์ผสมคอนกรีตที่รอบการผสมคอนกรีตเท่ากับ 13,526 รอบ หรือประมาณ 13,500 รอบ ซึ่งหากมีการบำรุงรักษาที่รอบการผสมคอนกรีตที่สูงขึ้นจะทำให้ค่าความน่าเชื่อถือที่จะทำงานได้ของมอเตอร์เกียร์ผสมคอนกรีตมีแนวโน้มลดลงหรือมีโอกาสที่จะเกิดความเสียหายกับมอเตอร์เกียร์ผสมคอนกรีตเพิ่มมากขึ้นดังแสดงผลในภาพที่ 4



ภาพที่ 4 กราฟความน่าเชื่อถือ $R(t)$ และความเสียหาย $F(t)$ ของมอเตอร์เกียร์ผสมคอนกรีตตามช่วงเวลาการบำรุงรักษา

สำหรับฟังก์ชันการแจกแจงและช่วงเวลาการบำรุงรักษาที่เหมาะสมของชิ้นส่วนที่เหลือ (มีค่า RPN มากกว่า 100 คะแนนขึ้นไป) สามารถแสดงผลได้ในตารางที่ 8 ดังนี้

ตารางที่ 8 ฟังก์ชันการแจกแจงและช่วงเวลาการบำรุงรักษาชิ้นส่วน

ชิ้นส่วน	ฟังก์ชันการแจกแจง	ช่วงเวลาการบำรุงรักษา (รอบการผสมคอนกรีต)	ชิ้นส่วน	ฟังก์ชันการแจกแจง	ช่วงเวลาการบำรุงรักษา (รอบการผสมคอนกรีต)
1. มอเตอร์เกียร์ผสมคอนกรีต	Weibull	13,500	5. มอเตอร์เกียร์กะพ้อตาซึ่งวัสดุผสม	Weibull	18,000
2. แผ่นไลเนอร์รอบนอก	Normal	15,000	6. กะพ้อตาซึ่งวัสดุผสม	Weibull	7,300
3. แผ่นไลเนอร์รอบใน	Normal	15,000	7. รอกกะพ้อตาซึ่งวัสดุผสม	Weibull	10,000
4. แผ่นพื้นไลเนอร์	Normal	18,000	8. สลิงกะพ้อตาซึ่งวัสดุผสม	Normal	4,800

5. ปรับปรุงแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกันและสรุปผลงานวิจัย

นำผลในตารางที่ 8 ไปทำการปรับปรุงแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกันโดยทำการเปลี่ยนแปลงแทนชิ้นส่วนให้กับเครื่องผสมคอนกรีต No.1 ซึ่งรูปแบบเดิมของแผนการบำรุงรักษาจะถูกกำหนดให้เป็นลักษณะรายเดือน แต่สำหรับแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกันรูปแบบใหม่ได้ทำการกำหนดแผนการบำรุงรักษาตามรอบของการผสมคอนกรีตที่ได้จากการประมาณค่าความน่าเชื่อถือในหัวข้อที่ 4 หลังจากดำเนินการปรับปรุงแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกันและนำแผนดังกล่าวไปปฏิบัติพร้อมทั้งทำการเก็บข้อมูลเพื่อทำการเปรียบเทียบระหว่างแผนการบำรุงรักษาก่อนการปรับปรุงซึ่งเป็นช่วงเวลาตั้งแต่ ก.ค.50-มิ.ย.51 กับแผนการบำรุงรักษาหลังการปรับปรุงซึ่งเป็นช่วงเวลาตั้งแต่ ม.ค.52-มิ.ย.52 โดยผลงานวิจัยได้แสดงในตารางที่ 9 ดังนี้

ตารางที่ 9 สรุปผลงานวิจัยก่อนและหลังการปรับปรุงของเครื่องผสมคอนกรีต No.1

ก่อนการปรับปรุง				หลังการปรับปรุง			
เดือน/ปี	เวลารับภาระงานของเครื่องจักร (นาทีก)	เวลาที่เครื่องจักรเกิดความเสียหาย (นาทีก)	อัตราเวลาความเสียหายของเครื่องจักร (%)	เดือน/ปี	เวลารับภาระงานของเครื่องจักร (นาทีก)	เวลาที่เครื่องจักรเกิดความเสียหาย (นาทีก)	อัตราเวลาความเสียหายของเครื่องจักร (%)
ก.ค.50-มิ.ย.51	90,265	10,384	11.50	ม.ค.52-มิ.ย.52	45,778	2,569	5.61
เฉลี่ยต่อเดือน	7,522.08	865.33		เฉลี่ยต่อเดือน	7,629.67	428.17	

จากผลในตารางที่ 9 หมายความว่า หลังจากได้ดำเนินการแก้ไขปรับปรุงแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน บนพื้นฐานความน่าเชื่อถือให้กับเครื่องผสมคอนกรีต No.1 พบว่าเวลาสูญเสียที่เครื่องจักรเกิดความเสียหายในการผลิตก่อนการปรับปรุงลดลงเฉลี่ยจาก 865.33 นาทีต่อเดือน เหลือ 428.17 นาทีต่อเดือน หรือสามารถลดเวลาลงได้ 437.16 นาทีต่อเดือน โดยคิดเป็นอัตราเวลาความเสียหายของเครื่องจักรที่ลดลงเท่ากับ 50.52%

สรุปผลและเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ได้นำหลักการวิศวกรรมความน่าเชื่อถือมาใช้ในการปรับปรุงแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน เพื่อลดเวลาสูญเสียเนื่องจากความเสียหายของเครื่องจักรในขณะทำการผลิตและทำให้แผนการบำรุงรักษาที่ได้มีความเหมาะสมต่อการนำไปใช้งานยิ่งขึ้นโดยผลการดำเนินงานวิจัยพบว่าสามารถลดเวลาสูญเสียของเครื่องผสมคอนกรีต No.1 ลง 437.16 นาทีต่อเดือน หรือคิดเป็นอัตราเวลาความเสียหายของเครื่องจักรที่ลดลงเท่ากับ 50.52%

สำหรับขั้นตอนการประมาณค่าพารามิเตอร์นั้นอาจจะใช้ข้อมูลความเสียหายในรูปแบบอื่นๆ ตามความเหมาะสมกับลักษณะงานที่ปฏิบัตินอกเหนือจากข้อมูลรอบการทำงาน ยกตัวอย่างเช่น ข้อมูลช่วงเวลาหรือระยะทาง เป็นต้น และเมื่อมีการเปลี่ยนประเภทชิ้นส่วนที่เคยใช้กับเครื่องจักรเป็นชนิดใหม่ที่ไม่ใช่แบบเดิม ในขั้นตอนการประมาณค่าพารามิเตอร์จะต้องทำการเก็บรวบรวมข้อมูลใหม่อีกครั้งเพราะข้อมูลเดิมไม่สามารถนำมาวิเคราะห์ร่วมกันได้

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ทุณหาบบัณฑิต สกว. สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ภายใต้โครงการเชื่อมโยงภาคการผลิตกับงานวิจัย ทุณหาบบัณฑิต สกว.-อุตสาหกรรม ประจำปี 2551 สัญญาเลขที่ MRG-WI515E070

เอกสารอ้างอิง

กาญจนา จิตรจุน. 2550. การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตโดยการบำรุงรักษาบนพื้นฐานของความน่าเชื่อถือกรณีศึกษาโรงงานผลิตชิ้นส่วนเครื่องจักรกล. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

สมภพ ตลับแก้ว. 2550. "การบำรุงรักษาเครื่องจักรกลบนความน่าเชื่อถือ." **วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ**. 1 (ม.ค.-เม.ย.) : 72-75.

_____. 2550. **ความน่าเชื่อถือของระบบและการบำรุงรักษา**. พิมพ์ครั้งที่ 2. ศูนย์ผลิตตำราเรียน สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพฯ.

ศิริรัตน์ ศิลป์พัฒน์. 2537. **การออกแบบแผนงานบำรุงรักษาสำหรับอุตสาหกรรมคอนกรีตผสมเสร็จแบบหลายโรงผสม**. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

Chrysler Corporation, Ford Motor Company and General Motors Corporation. 1995. **Potential Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) : Reference Manual**. DaimlerChrysler Corporation, Ford Motor Company and General Motors Corporation.

Samanta, B., Sakar, B. and Mukherjee, S.K. 2004. "Reliability Modeling and Performance analyses of an LHD System in Mining." **Journal of The South African Institute of Mining and Metallurgy**. 1-8.

Stamatis, D.H. 1995. **Failure Mode and Effect Analysis: FMEA from theory to Execution**. ASQ Quality Press., Milwaukee, Wisconsin.

Yazhou, J., Molin, W. and Zhixin, J. 1995. "Probability Distribution of Machining Center Failures." **Journal of Reliability Engineering and System Safety**. 50 : 121-125.