

การออกแบบเบื้องต้นของเครื่องจักรในการทำความสะอาด
แท่นรับส่งคอนกรีตมวลเบาและการวิเคราะห์ความเหมาะสมทางเทคนิค
และเศรษฐศาสตร์

TECHNICAL AND ECONOMIC ANALYSIS FOR CONCEPTUAL DESIGN
OF CLEANING MACHINE FOR AUTOCLAVE PLATFORM IN AERATED
CONCRETE PRODUCTION

จิระวิช จำลองศุภลักษณ์¹, ศันสนีย์ สุภามา² และ พัชรารภรณ์ ญาณภีร์³
¹นิสิต, สาขาวิชาการจัดการวิศวกรรม ภาคพิเศษ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
50 ถนนงามวงศ์วาน เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900, jiraivit@qcon.co.th
^{2,3}อาจารย์, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
50 ถนนงามวงศ์วาน เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900,
²fengsas@ku.ac.th, ³fengppy@ku.ac.th

Jiravit Jumlongsuppaluk¹, Sansanee Supapa² and Patcharaporn Yanpirat³

¹Student, The Special Graduate Program in Engineering Management,
Faculty of Engineering Kasetsart University, 50 Ngam Wong Wan Road, Chatuchak,
Bangkok 10900, Thailand, jiraivit@qcon.co.th
^{2,3}Lecturer, Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering,
Kasetsart University, 50 Ngam Wong Wan Road, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand,
²fengsas@ku.ac.th, ³fengppy@ku.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาวิธีการที่เหมาะสมในการทำความสะอาดแท่นรองรับคอนกรีตมวลเบา เพื่อลดของเสียที่เกิดขึ้นโดยได้ออกแบบเบื้องต้นของเครื่องจักรในการทำความสะอาดแท่นสองทางเลือกคือ การทำความสะอาดด้วยการขัดและการพ่นทราย จากนั้นได้สร้างเครื่องต้นแบบและนำมาทดลองใช้ เพื่อเปรียบเทียบทดสอบประสิทธิภาพการทำงานในการทำความสะอาด พบว่าทั้งสองวิธีสามารถทำความสะอาดแท่นรองรับคอนกรีตมวลเบาผ่านตามเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดถึงร้อยละ 96 และเมื่อทดสอบใช้งานการทำความสะอาดพร้อมกับระบบดูดฝุ่นผ่านถุงกรองขนาดเล็กทั้งสองทางเลือก พบว่าทั้งสองวิธีมีประสิทธิภาพในการทำความสะอาดเท่ากันอย่างมีนัยสำคัญ จาก

ผลการวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์ได้พิจารณาที่ระยะเวลาการวิเคราะห์โครงการที่ 10 ปีอัตราผลตอบแทนขั้นต่ำที่ผู้ลงทุนกำหนดร้อยละ 15 และที่การทำความสะอาดปีละ 400 แทน เมื่อเปรียบเทียบกระแสเงินสดสุทธิหลังหักภาษีของทั้งสองทางเลือก พบว่าควรเลือกวิธีการขัดเนื่องจากมูลค่าปัจจุบันสุทธิของค่าใช้จ่ายต่ำกว่าวิธีพ่นทราย จากนั้นได้ทำการเปรียบเทียบวิธีการขัดกับวิธีการจ้างผู้รับเหมาภายนอกมาทำความสะอาดโดยวิธีการวิเคราะห์การลงทุนในส่วนเพิ่ม พบว่าอัตราผลตอบแทนภายในของกระแสเงินสดในส่วนเพิ่มที่ร้อยละ 269 ซึ่งมากกว่าอัตราผลตอบแทนขั้นต่ำที่กำหนดไว้ แสดงว่าการลงทุนโดยวิธีการขัดมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์มากกว่าการจ้างผู้รับเหมาภายนอก จากการวิเคราะห์ความไวของการเปลี่ยนแปลงค่าใช้จ่ายในการจ้างผู้รับเหมาภายนอกเปลี่ยนแปลงของในช่วง +/- ร้อยละ 50 พบว่าไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงการตัดสินใจในการลงทุน และพบว่าจุดคุ้มทุนของการลงทุนวิธีการขัดทำความสะอาดอยู่ที่ไม่ต่ำกว่า 60 แทน ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 15 ของกำลังการผลิต สรุปได้ว่าการลงทุนในเครื่องจักรในการทำทำความสะอาดแทนรับส่งคอนกรีตมวลเบาด้วยการขัดมีความเป็นไปได้ทั้งทางด้านเทคนิคและเศรษฐศาสตร์

คำสำคัญ: วิธีการขัดแทนรับส่งคอนกรีตมวลเบา, วิเคราะห์การลงทุนในส่วนที่เพิ่ม, การวิเคราะห์จุดคุ้มทุน

ABSTRACT

The purpose of this study was to determine the appropriate cleaning method for autoclave platform in aerated concrete production process in order to reduce the amount of non-conforming products. The machines for two cleaning processes of brush polishing and sand blasting were designed and the prototype machines were tested their performance. It was found that both cleaning machines could clean up to 96 percent of all the dust which conforming to the required standard. The hypothesis testing of the amount of dust removed from the two cleaning methods together with the dust collectors were tested under 5 percent significant level and it was found that the performance of the dust removing of the two methods were equivalent. The economic analysis was based on 10 years period, at the minimum attracting rate of return of 15 percent and at the polishing 400 platforms. It was found that the polishing method was better than the sand blasting method due to the net present value of the cash flow after tax of the polishing method was more than the sand blasting method. The incremental investment analysis was used to compare the polishing method with the outsource cleaning company. It was found that the internal rate of return of the incremental cash flow after tax was at 269 percent, which was higher than the minimum

attractive rate of return. Sensitivity analysis of the changing of the main parameters in the range of ± 50 percent were found less effect to investment decision. And the break-even point was at not less than 60 platforms or only 15 percent of the production capacity. In conclusion, the polishing method for cleaning the aerated concrete platform was found technically and economically feasible for investment.

KEYWORDS: cleaning method for autoclave platform, aerated concrete production process, incremental investment analysis, break-even analysis

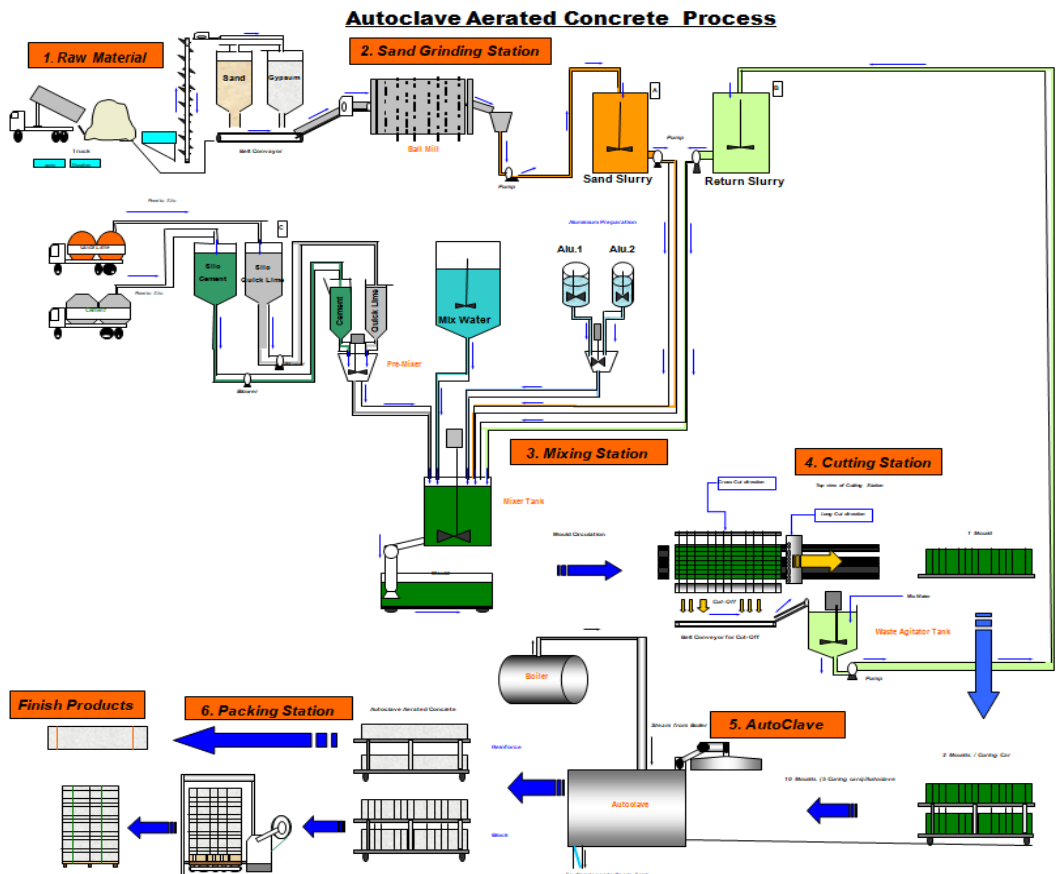
1. บทนำ

บริษัทกรณศึกษาเป็นผู้ผลิตคอนกรีตมวลเบา ซึ่งประกอบด้วยผลิตภัณฑ์คอนกรีตประเภทไม่เสริมเหล็กได้แก่ บล็อก (Block) ขนาดต่างๆ และประเภทเสริมเหล็กได้แก่ คานทับหลังสำเร็จรูป (Lintel) แผ่นผนัง (Wall Panel) และแผ่นพื้น (Floor Panel) โดยมีโรงงานทั้งหมด 5 โรงงาน แต่ละโรงงานมีกำลังการผลิตอยู่ที่ 28,000 ลูกบาศก์เมตรต่อเดือน และมีปริมาณยอดขาย 1.62 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี โดยแนวโน้มปริมาณการจำหน่ายสูงขึ้นนับตั้งแต่ปีพ.ศ. 2552 เป็นต้นมา แต่ปีพ.ศ. 2556 มีรายได้ลดลง เนื่องจากเริ่มมีผู้ผลิตผลิตภัณฑ์วัสดุก่อสร้างเพิ่มมากขึ้น และมีการแข่งขันในด้านราคาจำหน่ายผลิตภัณฑ์ บริษัทกรณศึกษาจึงต้องพยายามปรับตัวตามสภาพเศรษฐกิจ โดยกำหนดนโยบายในการลดต้นทุนการผลิต และลดของเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิต

กระบวนการผลิตคอนกรีตมวลเบา ดังรูปที่ 1 เริ่มจากเตรียมวัตถุดิบได้แก่ ทรายละเอียด ยิบซั่ม ปูนขาว ซีเมนต์ และผงอลูมิเนียมในสัดส่วน 50:9:9:30:2 โดยน้ำหนัก ขั้นตอนต่อมา จะทำการบดทรายละเอียดและยิบซั่มด้วยเครื่องบด Ball Mill เพื่อให้ได้ Sand Slurry จากนั้นจะนำปูนขาว ซีเมนต์และผงอลูมิเนียมมาผสมลงในถังกวนผสมให้เข้ากัน และนำเข้าสู่กระบวนการบ่มในแม่พิมพ์ระยะเวลา 7 นาที แล้วเคลื่อนย้ายคอนกรีตมวลเบาที่เริ่มจับตัวกันเป็นก้อน เข้าสู่กระบวนการตัดแบ่งขนาดหลังจากตัดแบ่งขนาดแล้วเสร็จ จะยกคอนกรีตมวลเบามาวางบนแท่นรองรับคอนกรีตมวลเบา เพื่อเคลื่อนที่ส่งเข้าเตาอบด้วยไอน้ำแรงดันสูงที่อุณหภูมิ 180-190 องศาเซลเซียส ความดัน 10-12 Bar เป็นเวลา 7 ชั่วโมง แล้วจึงลำเลียงออกจากแท่นรองรับคอนกรีตมวลเบา เพื่อเข้าเครื่องรัดสายและพันฟิล์มเป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปส่งให้ลูกค้าต่อไป

จากข้อมูลปริมาณของเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิตในปี 2559 ในแต่ละโรงงาน พบว่ามีปริมาณสูงจนถึงเฉลี่ย 670 ลูกบาศก์เมตรต่อเดือน หรือเฉลี่ยร้อยละ 2.39 ของปริมาณการผลิตและมีแนวโน้มสูงขึ้น ซึ่งเกินกว่าที่กำหนดไว้ร้อยละ 2 บริษัทกรณศึกษาจึงได้นำข้อมูลปริมาณของเสียมาดำเนินการวิเคราะห์เพื่อหาสาเหตุ พบว่าลักษณะที่เกิดของเสียมากที่สุด คือลักษณะการบิ่นล่างเป็นจำนวนถึงเฉลี่ยร้อยละ 59.29 ของปริมาณของเสียทั้งหมด

บริษัทกรณีศึกษาได้ดำเนินการประชุมระดมสมอง คณะทำงานที่มีหน้าที่เกี่ยวข้องจำนวน 15 คน ประกอบด้วยฝ่ายผลิตจำนวน 4 คน ฝ่ายควบคุมคุณภาพจำนวน 2 คน ฝ่ายวิศวกรรมซ่อมบำรุงจำนวน 4 คน ฝ่ายวิจัยและพัฒนาจำนวน 3 คน และฝ่ายความปลอดภัยและสิ่งแวดล้อมจำนวน 2 คน เพื่อวิเคราะห์สาเหตุของการเกิดของเสียประเภทบิ่นล่าง พบว่าปัญหาของเสียเกิดจากสาเหตุสำคัญคือ แท่นรองรับคอนกรีตมวลเบาสกรปรกจากเศษปูนที่เกาะติดกับแท่นรองรับคอนกรีตมวลเบา ซึ่งลักษณะดังกล่าวมาจากการเคลื่อนของชิ้นงานระหว่างกระบวนการตัดแบ่งไปกระบวนการอบไอน้ำแรงดันสูง โดยหลังจากแท่นรองรับคอนกรีตมวลเบาผ่านการใช้งานจนครบกระบวนการผลิตแล้ว ทำให้เมื่อนำแท่นรองรับคอนกรีตมวลเบากลับมาใช้งานอีกรอบของชิ้นงาน ที่นำมาวางอาจจะผิดรูป และไม่ได้ขนาดเนื่องจากแท่นวางมีเศษคอนกรีตจากการอบการผลิตติดอยู่



รูปที่ 1 ขั้นตอนกระบวนการผลิตคอนกรีตมวลเบา

ในปัจจุบันบริษัทกรณีศึกษาดำเนินการแก้ไข โดยการจัดจ้างผู้รับเหมาจากภายนอกให้เข้ามาดำเนินการทำความสะอาดแท่นรองรับคอนกรีตมวลเบา จำนวนเฉลี่ยปีละ 400 แท่น ปีละ 4 ครั้ง

ค่าจ้างทำความสะอาดเฉลี่ยปีละ 840,000 บาทและมีแนวโน้มสูงขึ้น โดยเมื่อรวมกับค่าใช้จ่ายในการจัดการกับของเสียดังกล่าวจึงเป็นค่าใช้จ่ายที่สูง นอกจากนั้นการจัดจ้างผู้รับเหมาจากภายนอกทำให้เกิดความไม่แน่นอนในการบริหารจัดการเรื่องเวลาในการดำเนินงานและการต้องใช้พนักงานในการเข้าไปควบคุมดูแลผู้รับเหมาภายนอก บริษัทกรณีศึกษาจึงมีแนวคิดที่จะปรับปรุงกระบวนการผลิตให้ลดปริมาณของเสียที่เกิดขึ้น โดยจะทำการวิเคราะห์ทางเลือกเชิงเทคนิคและเศรษฐศาสตร์ในการติดตั้งเครื่องจักรในการทำความสะอาดแท่นรองรับคอนกรีตมวลเบา เพื่อนำมาพิจารณาเป็นข้อมูลประกอบในการตัดสินใจในการลงทุนเพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว

2. วัตถุประสงค์และขอบเขตการศึกษา

เพื่อออกแบบทางเลือกของเครื่องจักรในการทำความสะอาดแท่นรองรับคอนกรีตมวลเบาที่มีความเป็นไปได้ทางเทคนิคและประเมินประสิทธิภาพในการทำความสะอาด และวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางด้านเศรษฐศาสตร์รวมทั้งจัดคุ่มทุนในการใช้งานโดยเปรียบเทียบกับกรจ้างผู้รับเหมาภายนอก

3. วิธีการดำเนินการศึกษา

1) รวบรวมข้อมูลปริมาณของเสียและลักษณะของเสียที่เกิดขึ้นจากการบิ่นล่างจากกระบวนการผลิตย้อนหลัง 1 ปี เพื่อวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายในการทำความสะอาดแท่นรองรับคอนกรีตมวลเบา

2) วิเคราะห์หลักการทำงานเบื้องต้นของการทำความสะอาดแท่นรองรับคอนกรีตมวลเบา เพื่อนำไปเป็นข้อมูลในการกำหนดทางเลือกวิธีการทำความสะอาดต่างๆ และออกแบบเบื้องต้นโดยการกำหนดขนาดและการเลือกใช้ชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องจักรแต่ละทางเลือก รวมทั้งสร้างเครื่องจักรต้นแบบเพื่อทดสอบประสิทธิภาพการทำความสะอาด

3) วิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางด้านเศรษฐศาสตร์ของทางเลือกต่างๆ เพื่อพิจารณาคัดเลือกวิธีการทำความสะอาดแท่นรองรับคอนกรีตมวลเบาที่มีความเหมาะสม ด้วยวิธีการวิเคราะห์การลงทุนในส่วนเพิ่ม (Incremental Investment Analysis) โดยทำการเปรียบเทียบระหว่างการจัดจ้างผู้รับเหมาภายนอกทำความสะอาดและการใช้เครื่องทำความสะอาดแท่นรองรับคอนกรีตมวลเบา

4) วิเคราะห์ความไม่แน่นอนในการลงทุน โดยการวิเคราะห์ความไวต่อการเปลี่ยนแปลงตัวแปรของปัจจัยที่คาดว่าจะมีผลต่อการตัดสินใจในการคัดเลือกทางเลือก (Sensitivity Analysis) และวิเคราะห์จุดคุ้มทุนของปริมาณแท่นในการทำความสะอาดต่อปีในการตัดสินใจทางเลือก (Break-even Analysis for Alternative Selection)

4. ผลการดำเนินงานวิจัย

4.1 รวบรวมข้อมูลปริมาณของเสียและลักษณะของเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตย้อนหลัง 1 ปีเพื่อวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายในการทำความสะอาดแท่นรองรับคอนกรีตมวลเบา

จากข้อมูลของเสียจากกระบวนการผลิต เป็นข้อมูลที่ได้จากการรวบรวมมาจากโรงงานผลิตคอนกรีตมวลเบาโรงงานที่ 1 เนื่องจากเป็นโรงงานที่ได้ผลิตคอนกรีตมวลเบาชนิดบล็อกเพียงรูปแบบเดียว จากการจำแนกลักษณะข้อบกพร่องดังกล่าว ได้นำข้อมูลของลักษณะข้อบกพร่องประเภทบิ่นล่างไปพิจารณาค่าใช้จ่ายในการจัดการของเสียประเภทดังกล่าว โดยพบว่าปริมาณของเสียประเภทบิ่นล่างเฉลี่ยอยู่ที่ 426.75 ลูกบาศก์เมตรต่อเดือน โดยจะมีค่าใช้จ่ายในการจัดการของเสียดังกล่าวคิดเป็น 500 บาทต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งในแต่ละเดือนจะมีค่าใช้จ่ายในนำของเสียกลับมาใช้ใหม่ดังกล่าวเฉลี่ยเป็น 213,375 บาทต่อเดือน หรือเป็นจำนวน 2.56 ล้านบาทต่อปี โดยยังไม่รวมค่าใช้จ่ายในการจ้างผู้รับเหมามาทำความสะอาดแท่นรองรับคอนกรีตมวลเบา ซึ่งจะมีกำหนดในการจ้างมาทำความสะอาดทุก 3 เดือน โดยมีค่าใช้จ่ายอยู่ที่ 840,000 บาทต่อปี สรุปแล้วค่าใช้จ่ายในการจัดการของเสียประเภทบิ่นล่างทั้งหมดเป็นจำนวน 3.41 ล้านบาทต่อปี

4.2 การออกแบบเครื่องทำความสะอาดแท่นรองรับคอนกรีตมวลเบาที่มีความเป็นไปได้ทางเทคนิคและทดสอบประสิทธิภาพหลักการทำงานเบื้องต้น

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง [1] และได้ทำการทดสอบความสามารถในการรับแรงดึงและสมบัติทางกลของชิ้นงานเหล็กที่ถูกทำความสะอาดผิวโดยใช้การพ่นทราย [2] และการขัดความสะอาดด้วยแผ่นขัดผิวโลหะ [3] และได้ศึกษาอิทธิพลของคุณสมบัติการทนแรงดึงและความล้า และประเมินสมบัติทางสถิติและอายุการใช้งานของท่อจากการทำความสะอาดผิวของท่อเหล็กด้วยการการขัดผิวและพ่นทราย [4] จากงานวิจัยดังกล่าว พบว่าการทำความสะอาดผิวโลหะมีวิธีที่เหมาะสมสำหรับนำมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบมี 2 วิธี คือการขัดด้วยแผ่นขัดผิวโลหะทำด้วยแปลงลวดสำหรับขัดผิวโลหะและการพ่นทรายในการทำความสะอาดผิวโลหะ ผลจากการออกแบบเบื้องต้นมีรายละเอียดดังนี้

ทางเลือกที่ 1 วิธีการขัดด้วยแผ่นขัดผิวโลหะทำด้วยแปลงลวดขัดผิวโลหะ จากการศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องของการขัดผิวโลหะ [1] และ [2] ได้นำมาออกแบบและประยุกต์ใช้งานกับเครื่องทำความสะอาดแท่นรองรับคอนกรีตมวลเบาด้วยการขัด ซึ่งออกแบบให้ทำงานด้วยระบบอัตโนมัติ โดยจะทำการขัดทำความสะอาดด้วยแปลงลวดขัดผิวโลหะ โดยใช้การหมุนและแรงบิดจากมอเตอร์ และใช้ระบบจับการเคลื่อนที่ของแท่นรองรับคอนกรีตมวลเบาด้วยระบบลูกกลิ้งทำให้เมื่อแท่นรองรับคอนกรีตมวลเบาเคลื่อนที่ เครื่องทำความสะอาดก็จะเปิดและปิดระบบโดยอัตโนมัติ โดยการออกแบบจะดำเนินการทดสอบเพื่อหาแรงในการขัด (Load) โดยใช้แผ่นแปลงลวดขัดผิวโลหะมา

ประกอบเข้ากับเครื่องขัดหินเจียรและถ่วงน้ำหนักแทนโดยใช้แรงกด 0.5-5.0 กิโลกรัมจากผลการทดสอบดังรูปที่ 2 จึงนำไปคำนวณเพื่อหาขนาดของมอเตอร์จากสมการที่ (1)

$$P = (2 \cdot \pi \cdot N \cdot T) / 60 \quad (1)$$

เมื่อ P = กำลังมอเตอร์ (วัตต์)

N = ความเร็วรอบมอเตอร์ (1450 รอบต่อนาที)

T = แรงบิด (นิวตัน·เมตร)

โดยหาแรงบิดจากสมการที่ (2)

$$T = F \times R \times n \quad (2)$$

เมื่อ F = แรงที่ใช้ในการขัดชิ้นงานที่ได้จากการทดลองเท่ากับ 29.42 นิวตัน

R = รัศมีของจานขัด (เมตร)

n = จำนวนลูกถ้วยขัด

รัศมีของจานขัด $R = 0.15$ เมตร แทนค่าในสมการที่ (2)

จะได้ $T = 29.42 \times 0.15 \times 5$

$$T = 22.07 \text{ N.m}$$

แทนค่าในสมการที่ (1)

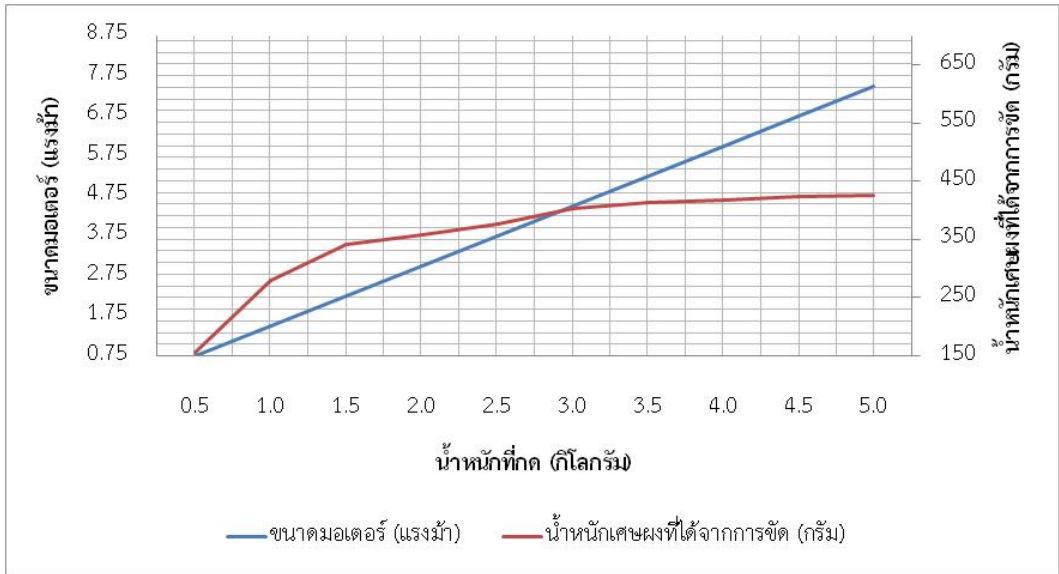
จะได้ $P = (2 \times 3.14 \times 1450 \times 22.07) / 60$

$$P = 3,349.49 \text{ วัตต์}$$

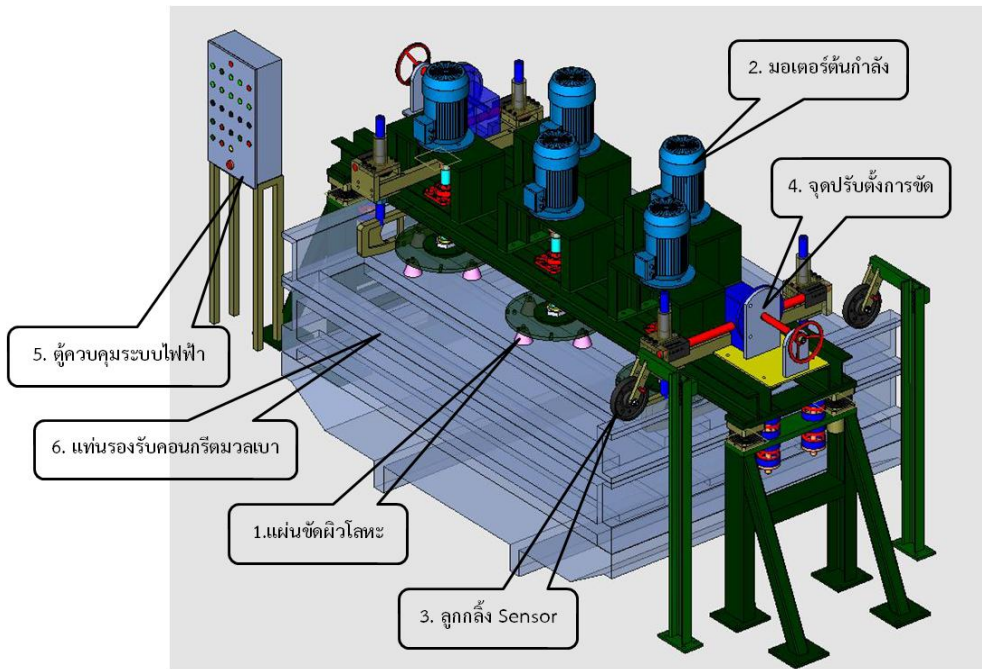
$$P = 3,349.4 / 746 \text{ แรงม้า}$$

$$P = 4.49 \sim 5 \text{ แรงม้า}$$

จะได้มอเตอร์ขนาด 5 แรงม้าจำนวน 5 ตัว แล้วนำแรงที่ใช้ในการขัดชิ้นงานที่ได้จากการทดลองเท่ากับ 29.42 นิวตันมาเลือกขนาดของเพลลาจากผู้ผลิต จะได้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางอยู่ที่ 25 มิลลิเมตร และใช้ปะกับเพลลาแบบอ่อนขนาด GRT 28/38 ทั้งหมดจำนวน 5 ชุด โดยเรื่องความสะดวกแทนรองรับคอนกรีตมวลเบาด้วยการขัดสีจะมีลักษณะดังรูปที่ 3 และดำเนินการสร้างเรื่องความสะดวกแทนรองรับคอนกรีตมวลเบาด้วยการขัดสีต้นแบบ เพื่อใช้ในการทดสอบการใช้งานดังรูปที่ 4 [2]



รูปที่ 2 ผลการทดสอบหาแรงในการขีด



รูปที่ 3 เครื่องความสะอาดแท่นรองรับคอนกรีตมวลเบาด้วยการขีดสี



รูปที่ 4 เครื่องความสะอาดแท่นรองรับคอนกรีตมวลเบาด้วยการขัดสีต้นแบบ

ทางเลือกที่ 2 วิธีการขัดด้วยการพ่นทราย จากการศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับทรายที่ใช้พ่นทำความสะอาด [3] ได้นำมาออกแบบและประยุกต์ใช้งานกับเครื่องทำความสะอาดแท่นรองรับคอนกรีตมวลเบาด้วยการพ่นทราย ซึ่งออกแบบให้ทำงานด้วยระบบอัตโนมัติโดยเครื่องจะทำความสะอาดด้วยการพ่นทรายโดยใช้การแรงจากระบบลมอัด (Air Compressor) และใช้ระบบจับการเคลื่อนที่ของแท่นรองรับคอนกรีตมวลเบาด้วยระบบลูกกลิ้ง ทำให้เมื่อแท่นรองรับคอนกรีตมวลเบาเคลื่อนที่จากการคำนวณหาหน้าหนักจำเพาะของทรายในการพ่นทราย จึงได้เลือกใช้ทรายบรราวน์อลูมิเนียมออกไซด์ (Brown Aluminum Oxide, Al_2O_3) เนื่องจากเหมาะสมในการใช้งานทำความสะอาดผิวโลหะ และหัวพ่นชนิดวัสดุทังสเตนคาร์ไบด์ เนื่องจากมีความทนทานต่อการขัดสีของทรายบรราวน์อลูมิเนียมออกไซด์มากที่สุด และเลือกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางหัวพ่น 4 มิลลิเมตร เนื่องจากมีขนาดใหญ่ที่สุดตามมาตรฐานของบริษัทที่ผลิต (ผู้วิจัยต้องการให้สามารถพ่นทรายออกมาเป็นวงกว้างมากที่สุด) [4] และขนาดมอเตอร์เครื่องอัดอากาศจะคำนวณได้จากสมการที่ (3)

$$F = \rho c \times A_c \times V_c^2 \times n \quad (3)$$

เมื่อ F = แรงที่เกิดจากการพ่น (นิวตัน)

ρc = ความหนาแน่นของทราย(กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร)

A_c = พื้นที่หน้าตัดหัวพ่น (ตารางเมตร)

V_c = ความเร็วแล่นพาดผ่านทราย (เมตร/วินาที)

n = จำนวนหัวพ่นที่ใช้งาน (ออกแบบหัวพ่นไว้จำนวน 10 หัวพ่น)

แทนค่าลงในสมการ (3)

$$F = 43.51 \times (1.26 \times 10^{-5}) \times (42.38^2) \times 10$$

$$F = 9.846 \text{ นิวตัน}$$

ต่อจากนั้นหาค่ากำลังของเครื่องอัดลมจากสมการ

$$P = F \times V \times \eta \tag{4}$$

เมื่อ P = กำลังงานใช้งานจริง (วัตต์)

F = แรงที่เกิดจากการพ่น (นิวตัน)

V = ความเร็วของของไหล (เมตร/วินาที)

η = ประสิทธิภาพ (%)

แทนค่าลงในสมการ(4)

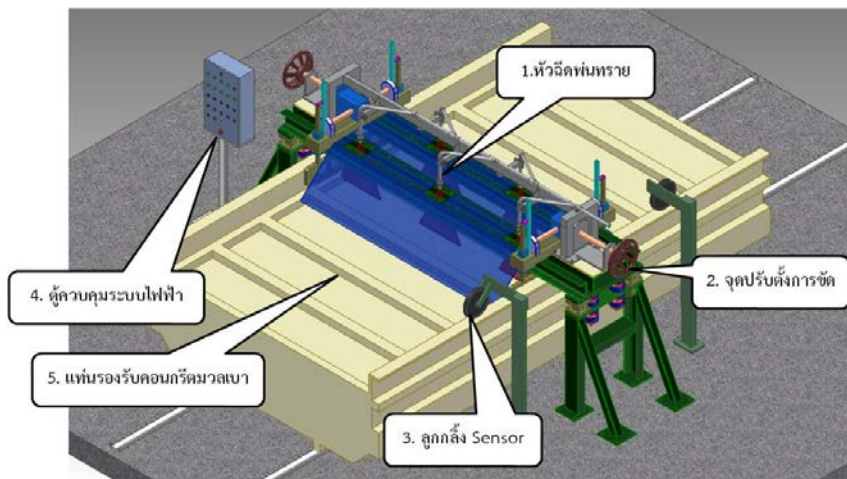
$$P = 9.846 \times 42.38 \times 0.9$$

$$P = 375.58 \text{ วัตต์}$$

$$P = 0.37558 \text{ กิโลวัตต์}$$

$$P = 0.503 \text{ แรงม้า}$$

เพราะฉะนั้นเลือกใช้มอเตอร์สำหรับเครื่องอัดอากาศขนาด 1 แรงม้า โดยเครื่องความสะอาด แทนรองรับคอนกรีตมวลเบาด้วยการพ่นทราย จะมีลักษณะดังรูปที่ 5 และดำเนินการเข้าเครื่องพ่นทรายมาใช้ทดสอบการทำงานความสะอาดแทนรองรับคอนกรีตมวลเบาตามหลักการที่ออกแบบ ดังรูปที่ 6 [2]

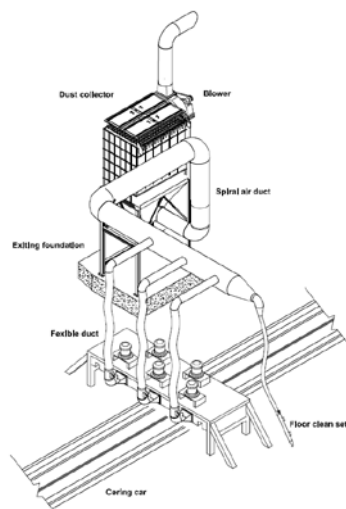


รูปที่ 5 เครื่องความสะอาดแทนรองรับคอนกรีตมวลเบาด้วยการพ่นทราย



รูปที่ 6 เครื่องพ่นทรายแบบเคลื่อนที่และการทดสอบพ่นทรายทำความสะอาดแท่นรองรับคอนกรีตมวลเบา

การใช้งานเครื่องทำความสะอาดแท่นรองรับคอนกรีตมวลเบา จะทำให้เกิดฝุ่นปุ่นที่เกิดจากการขัดผิวของแท่นรองรับคอนกรีตมวลเบา ดังนั้นจึงจะต้องมีการออกแบบระบบกำจัดฝุ่นปุ่นและทรายที่มีขนาดที่เล็กละเอียดจึงเลือกใช้เป็นระบบดูดฝุ่นในอากาศด้วยถุงกรอง (Dust collector) ดังรูปที่ 7 [5] เนื่องจากเป็นระบบที่เก็บฝุ่นผงที่มีความละเอียดสูงได้เป็นอย่างดี โดยระบบดูดฝุ่นในอากาศด้วยถุงกรองจะมี 2 ส่วนประกอบหลักที่ต้องคำนวณออกแบบ คือพัดลมดูดอากาศ (Blower) และถุงกรอง (Bag filter) จากการคำนวณปริมาณการไหลของอากาศทั้งหมด (Air Volume) เท่ากับ 4,383 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง และการเลือกใช้ถุงกรอง (Bag filter) จากมาตรฐานจากผู้ผลิตจะเป็นผ้ากรองใยสังเคราะห์รูปทรงกระบอก โดยมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 160 มิลลิเมตร และมีความยาว 1000 มิลลิเมตรใช้ถุงกรองจำนวน 147 ชิ้น



รูปที่ 7 ระบบดูดฝุ่นในอากาศด้วยถุงกรอง (Dust collector)

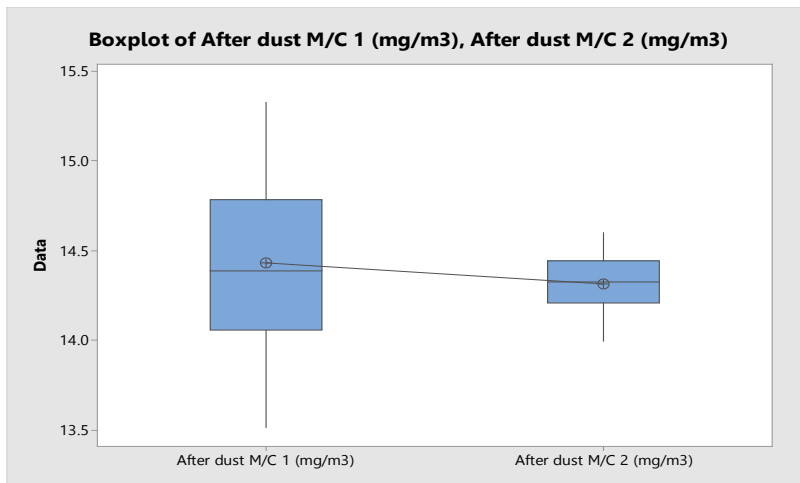
ในการทดสอบประสิทธิภาพหลักการทำงานเบื้องต้นของเครื่องทำความสะอาดแท่นรองรับคอนกรีตมวลเบาทั้งสองทางเลือก ได้ดำเนินการใช้เครื่องทำความสะอาดแท่นรองรับคอนกรีตมวลเบาทั้งสองวิธี โดยจะดำเนินการทดสอบการใช้งานทำความสะอาดแท่นรองรับคอนกรีตมวลเบาเป็นจำนวน 50 แท่น ใช้แท่นรองรับคอนกรีตมวลเบาที่ผ่านการใช้งานมาแล้ว 1 เดือนในการทดสอบ ซึ่งเวลาในการทดสอบจะใช้เวลาการทำความสะอาดแท่นรองรับคอนกรีตมวลเบา 30 นาทีต่อแท่น โดยจะมีเกณฑ์การประเมินจำนวน 5 ระดับ 1-5 ระหว่างการทดสอบจะตรวจสอบและพิจารณาผลการทำความสะอาดแท่นรองรับคอนกรีตมวลเบาโดยแผนกควบคุมคุณภาพของบริษัทกรณีศึกษา โดยเกณฑ์การประเมินที่ต้องการคือระดับที่ 4 ถึงระดับ 5 พบว่าแท่นรองรับคอนกรีตมวลเบาที่ผ่านการทำความสะอาดโดยเครื่องทำความสะอาดแท่นรองรับคอนกรีตมวลเบาทั้งสองทางเลือก ผ่านเกณฑ์การประเมินระดับที่ 4-5 ร้อยละ 96

Two-Sample T-Test and CI: After dust M/C 1 (mg/m3), After dust M/C 2 (mg/m3)

Two-sample T for After dust M/C 1 (mg/m3) vs After dust M/C 2 (mg/m3)

	N	Mean	StDev	SE Mean
After dust M/C 1 (mg/m3)	48	14.433	0.449	0.065
After dust M/C 2 (mg/m3)	48	14.320	0.148	0.021

Difference = μ (After dust M/C 1 (mg/m3)) - μ (After dust M/C 2 (mg/m3))
 Estimate for difference: 0.1128
 95% CI for difference: (-0.0225, 0.2482)
 T-Test of difference = 0 (vs \neq): T-Value = 1.65 P-Value = 0.101 DF = 94
 Both use Pooled StDev = 0.3339



รูปที่ 8 ผลการทดสอบเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของจำนวนฝุ่นที่เกิดจากเครื่องทำความสะอาดแท่นรองรับคอนกรีตมวลเบาพร้อมกับใช้งานระบบดูดฝุ่นผ่านถุงกรองขนาดเล็กทั้ง 2 วิธี

ต่อมานำมาเครื่องทำความสะอาดแท่นรองรับคอนกรีตมวลเบาทั้งสองทางเลือก มาทดสอบใช้งานพร้อมกับใช้งานระบบดูดฝุ่นผ่านถุงกรองขนาดเล็กทั้งสองทางเลือก จากผลการวิเคราะห์เชิงสถิติ พบว่าจำนวนฝุ่นที่เกิดจากเครื่องทำความสะอาดแท่นรองรับคอนกรีตมวลเบาพร้อมกับใช้งานระบบดูดฝุ่นผ่านถุงกรองขนาดเล็กทั้ง 2 วิธี มีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญร้อยละ 5 [6] ตามรูปที่ 8 แสดงว่าทั้งสองวิธีมีความเป็นไปได้ทางด้านเทคนิคในการทำความสะอาดผิวเท่าเทียมกัน จึงต้องนำทั้ง 2 ทางเลือกมาวิเคราะห์ผลทางด้านเศรษฐศาสตร์ต่อไป

4.3 วิเคราะห์ความเป็นไปได้ของการลงทุนทางด้านเศรษฐศาสตร์ของแต่ละทางเลือก

จากการพิจารณาจากการประมาณการงบกระแสเงินสดหลังหักภาษีเงินได้ของทั้ง 2 วิธี โดยการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายในส่วนที่เพิ่ม (Incremental Analysis) [7] เครื่องทำความสะอาดแท่นรองรับคอนกรีตมวลเบาด้วยการขัด มีค่าใช้จ่ายในการลงทุน 1,520,200 บาท ค่าใช้จ่ายในการเนิ่นงานปีละ 661,000 บาท และเครื่องพ่นทรายมีค่าใช้จ่ายในการลงทุน 1,627,200 บาท ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานปีละ 677,000 บาท รายละเอียดตามตารางที่ 1 และ 2 ระยะเวลาการวิเคราะห์โครงการกำหนดที่อายุของเครื่องจักรหลัก 10 ปี โดยอัตราผลตอบแทนขั้นต่ำที่ผู้ลงทุนพึงพอใจร้อยละ 15 การลงทุนใช้อัตราส่วนเงินกู้ยืมและส่วนของผู้ถือหุ้น 1:1 อัตราดอกเบี้ยร้อยละ 8.5 ต่อปี ชำระคืนเงินต้นเท่ากันทุกปี และจ่ายดอกเบี้ยตามยอดหนี้ค้างชำระต้นปีเป็นเวลา 5 ปี อัตราภาษีเงินได้นิติบุคคลร้อยละ 20 ของรายได้สุทธิหลังหักภาษี และค่าเสื่อมราคาของเครื่องจักรคำนวณโดยวิธีแบบเส้นตรงระยะเวลาในการหักค่าเสื่อมราคา 5 ปี พบว่า มูลค่าปัจจุบันสุทธิของค่าใช้จ่ายในการลงทุนของวิธีการขัดมีค่าต่ำกว่าค่าใช้จ่ายในการลงทุนของวิธีพ่นทราย จึงควรเลือกลงทุนโดยวิธีการขัด ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 1 ค่าใช้จ่ายของโครงการ ทางเลือกที่ 1 เครื่องจักรทำความสะอาดแท่นรองรับคอนกรีตมวลเบาด้วยการขัด (หน่วย: ล้านบาท)

รายการ	ปีที่										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ค่าใช้จ่ายในการลงทุน (Investment Cost)											
- ค่าจัดหาและผลิตเครื่องจักร	0.550	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- ค่ารีดถอนปรับปรุงพื้นที่	0.064	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- ค่าจัดหาและผลิตระบบกำจัดฝุ่น	0.850	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- งานติดตั้ง	0.056	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
รวมค่าใช้จ่ายในการลงทุน ทรัพย์สิน	1.520	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

ตารางที่ 1 ค่าใช้จ่ายของโครงการ ทางเลือกที่ 1 เครื่องจักรทำความสะอาดแท่นรองรับคอนกรีตมวลเบาด้วยการขัด (หน่วย: ล้านบาท) (ต่อ)

รายการ	ปีที่										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน (Operation Cost)											
- ค่าแรงงานพนักงานในการควบคุมเครื่องจักรและซ่อมบำรุง	-	0.120	0.120	0.120	0.120	0.120	0.120	0.120	0.120	0.120	0.120
- ค่าพลังงานไฟฟ้า	-	0.331	0.331	0.331	0.331	0.331	0.331	0.331	0.331	0.331	0.331
- ค่าบำรุงรักษาเครื่องจักร	-	0.200	0.300	0.200	0.300	0.400	0.300	0.200	0.300	0.200	0.300
- ค่าใช้จ่ายของเสียที่เกิดจากกระบวนการ	-	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010
รวมค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน	-	0.661	0.761	0.661	0.761	0.861	0.761	0.661	0.761	0.661	0.761
รวมค่าใช้จ่ายในส่วนเพิ่มทั้งสิ้น	-1.520	-0.661	-0.761	-0.661	-0.761	-0.861	-0.761	-0.661	-0.761	-0.661	-0.761

ตารางที่ 2 ค่าใช้จ่ายของโครงการ ทางเลือกที่ 2 เครื่องจักรทำความสะอาดแท่นรองรับคอนกรีตมวลเบาด้วยการพ่นทราย (หน่วย: ล้านบาท)

รายการ	ปีที่										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ค่าใช้จ่ายในการลงทุน (Investment Cost)											
- ค่าจัดหาและผลิตเครื่องจักร	0.653	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- ค่าเรือถอนปรับปรุงพื้นที่	0.064	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- ค่าจัดหาและผลิตระบบกำจัดฝุ่น	0.850	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- งานติดตั้ง	0.060	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
รวมค่าใช้จ่ายในการลงทุนทรัพย์สิน	1.627	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน (Operation Cost)											
- ค่าแรงงานพนักงานในการควบคุมเครื่องจักรและซ่อมบำรุง	-	0.120	0.120	0.120	0.120	0.120	0.120	0.120	0.120	0.120	0.120
- ค่าพลังงานไฟฟ้า	-	0.084	0.084	0.084	0.084	0.084	0.084	0.084	0.084	0.084	0.084

ตารางที่ 2 ค่าใช้จ่ายของโครงการ ทางเลือกที่ 2 เครื่องจักรทำความสะอาดแท่นรองรับคอนกรีตมวลเบาด้วยการพ่นทราย (หน่วย: ล้านบาท) (ต่อ)

รายการ	ปีที่										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
- ค่าทรายบรอนด์ลูมิเนียม อ็อกไซด์	- 0.370	0.370	0.370	0.370	0.370	0.370	0.370	0.370	0.370	0.370	0.370
- ค่าบำรุงรักษาเครื่องจักร	- 0.020	0.120	0.020	0.120	0.080	0.120	0.020	0.120	0.020	0.120	
- ค่าใช้จ่ายของเสียที่เกิดจาก กระบวนการ	- 0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	
รวมค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน	- 0.624	0.724	0.624	0.724	0.684	0.724	0.624	0.724	0.624	0.724	
รวมค่าใช้จ่ายในส่วน เพิ่มทั้งสิ้น	-1.627	-0.624	-0.724	-0.624	-0.724	-0.684	-0.724	-0.624	-0.724	-0.624	-0.724

ตารางที่ 3 การวิเคราะห์เปรียบเทียบกระแสเงินสดสุทธิหลังหักภาษี (CFAT)

ปีที่	กระแสเงินสดสุทธิหลังหักภาษี (CFAT) (บาท)	
	วิธีการขุด	วิธีการพ่นทราย
0	-760,100	-813,600
1	-671,415	-694,557
2	-741,077	-763,492
3	-650,740	-672,427
4	-720,403	-741,362
5	-790,065	-698,297
6	-608,516	-621,600
7	-528,516	-541,600
8	-608,516	-621,600
9	-528,516	-541,600
10	-608,516	-621,600
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (15%)	-4,098,212	-4,191,208

เมื่อทางเลือกเครื่องจักรทำความสะอาดแท่นรองรับคอนกรีตมวลเบาด้วยการขัด มีความเหมาะสมในการลงทุนมากกว่าวิธีการพ่นทราย จึงได้นำกระแสเงินสดหลังหักภาษีของทางเลือก โดยวิธีการขัดมาเปรียบเทียบกับการจ้างผู้รับเหมาภายนอกเข้ามาทำความสะอาดแท่นรองรับคอนกรีตมวลเบา และเมื่อพิจารณาอัตราผลตอบแทนในส่วนที่เพิ่มขึ้นของการลงทุนภายในโครงการ พบว่าอัตราผลตอบแทนภายในของการลงทุนในส่วนเพิ่มของวิธีการขัด มีค่าร้อยละ 269 ซึ่งมากกว่าอัตราผลตอบแทนขั้นต่ำที่ผู้ลงทุนพึงพอใจร้อยละ 15 ตามตารางที่ 4 แสดงว่าการลงทุนเครื่องจักรทำความสะอาดแท่นรองรับคอนกรีตมวลเบาด้วยการขัดทำความสะอาดมีความเป็นไปได้ที่จะลงทุนและให้ผลตอบแทนที่คุ้มค่า เมื่อเปรียบเทียบกับการจ้างผู้รับเหมาภายนอกมาทำความสะอาด

ตารางที่ 4 อัตราผลตอบแทนในส่วนที่เพิ่มขึ้นของการลงทุนภายในโครงการ

ปีที่	กระแสเงินสดสุทธิหลังหักภาษี (CFAT)(บาท)		กระแสเงินสดส่วนเพิ่ม (บาท)
	จ้างผู้รับเหมา	วิธีการขัด	
0	0	-760,100	-760,100
1	-2,727,883	-671,415	2,056,468
2	-2,727,883	-741,077	1,986,806
3	-2,727,883	-650,740	2,077,143
4	-2,727,883	-720,403	2,007,480
5	-2,727,883	-790,065	1,937,818
6	-2,727,883	-608,516	2,119,367
7	-2,727,883	-528,516	2,199,367
8	-2,727,883	-608,516	2,119,367
9	-2,727,883	-528,516	2,199,367
10	-2,727,883	-608,516	2,119,367
IRR (%)			269

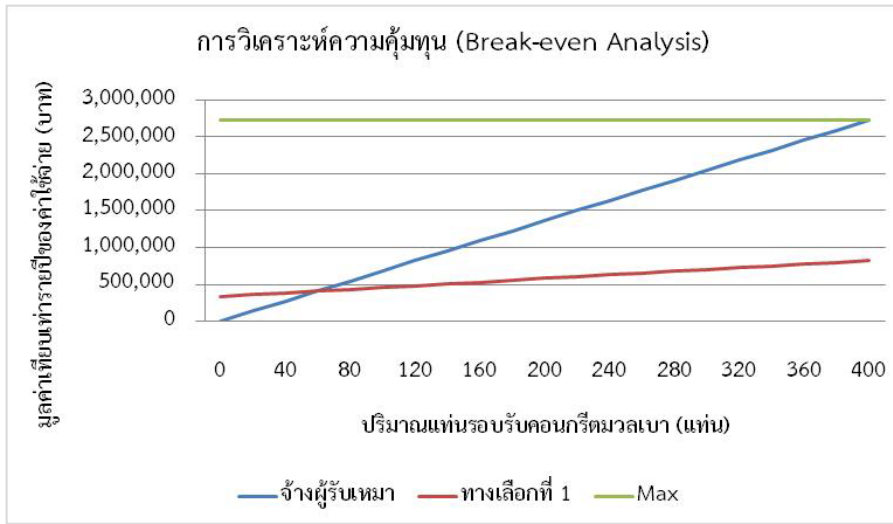
4.4 การวิเคราะห์ความไม่แน่นอนในการลงทุนที่อาจส่งผลต่อการตัดสินใจในการลงทุน ได้แก่การวิเคราะห์ความไวต่อการเปลี่ยนแปลงตัวแปร (Sensitivity Analysis) และการวิเคราะห์จุดคุ้มทุน (Break-even Analysis)

การวิเคราะห์ความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของการลงทุนเครื่องจักร โดยวิธีการชดและการจ้างผู้รับเหมาภายนอกมาทำความสะอาดแทน โดยทำการเปลี่ยนแปลง 4 ปัจจัยคือ ค่าจ้างผู้รับเหมาภายนอก ค่าใช้จ่ายด้านการผลิตและติดตั้งเครื่องจักร ค่าใช้จ่ายด้านการผลิตและติดตั้งระบบกำจัดฝุ่น และค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าในช่วง -50 % ถึง 50 % พบว่าไม่มีผลกระทบต่อตัดสินใจในการลงทุนตามตารางที่ 5 และปัจจัยที่มีผลกระทบมากที่สุดคือ ค่าจ้างผู้รับเหมาภายนอกในการทำความสะอาดแทนรับส่งคอนกรีตมวลเบา

ตารางที่ 5 สรุปผลการวิเคราะห์ความไวของการเปลี่ยนแปลงตัวแปร

ตัวแปรที่ใช้วิเคราะห์	% การเปลี่ยนแปลง	อัตราผลตอบแทนต่อปี (IRR) (%)
ค่าจ้างผู้รับเหมาภายนอก	-71%	15%
ค่าใช้จ่ายด้านการผลิตและติดตั้งเครื่องจักร	2100%	15%
ค่าใช้จ่ายด้านการผลิตและติดตั้งระบบกำจัดฝุ่น	1350%	15%
ค่าการใช้จ่ายไฟฟ้า	690%	15%

การวิเคราะห์ความคุ้มทุน (Break-even Analysis) เพื่อการตัดสินใจว่าจำนวนของแท่นรองรับคอนกรีตมวลเบาปีละเท่าใด จึงควรจ้างผู้รับเหมาภายนอกเข้ามาทำความสะอาดหรือควรลงทุนเครื่องทำความสะอาดแท่นรองรับคอนกรีตมวลเบาด้วยการชด จากการค่าใช้จ่ายต้นทุนคงที่และต้นทุนผันแปรต่างๆ ที่เกิดขึ้น และวิเคราะห์ความคุ้มทุนตามรูปที่ 9 พบว่าถ้ามีการทำความสะอาดแท่นรองรับคอนกรีตมวลเบา น้อยกว่าปีละ 60 แท่น ควรจ้างผู้รับเหมาภายนอกเข้ามาดำเนินการทำความสะอาด และถ้ามีการทำความสะอาดแท่นรองรับคอนกรีตมวลเบา มากกว่าปีละ 60 แท่นขึ้นไป หรือร้อยละ 15 ของกำลังการผลิต 400 แท่น ควรลงทุนติดตั้งและใช้งานเครื่องทำความสะอาดแท่นรองรับคอนกรีตมวลเบาด้วยการชด ซึ่งจำนวน 60 แท่นต่อปีคิดเป็นปริมาณการผลิตคอนกรีตมวลเบาปีละ 50,400 ลูกบาศก์เมตรต่อโรงงาน



รูปที่ 9 ผลการวิเคราะห์ความคุ้มทุน (Break-even Analysis)

5. สรุปและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาข้อมูลเครื่องจักรในการทำความสะอาดแท่นรองรับคอนกรีตมวลเบา พบว่ามีทางเลือก 2 วิธีคือ การทำความสะอาดแท่นรองรับคอนกรีตมวลเบาด้วยวิธีการขัดด้วยแผ่นขัดทำด้วยแปรงลวด และด้วยวิธีการพ่นทราย จึงได้มีการออกแบบเครื่องจักรสำหรับทำความสะอาดทั้งสองวิธี และได้สร้างเครื่องต้นแบบเพื่อทดสอบประสิทธิภาพในการทำงานของทั้ง 2 เครื่อง พบว่าการทำความสะอาดแท่นรองรับคอนกรีตมวลเบาของทั้ง 2 วิธีมีประสิทธิภาพการทำความสะอาดเทียบเท่ากัน โดยสามารถทำความสะอาดแท่นรองรับคอนกรีตมวลเบาจำนวน 50 แท่น และผ่านตามเกณฑ์มาตรฐานที่บริษัทกรณีศึกษากำหนดไว้ถึงร้อยละ 96 ต่อมานำมาทดสอบใช้งานพร้อมกับใช้งานระบบดูดฝุ่นผ่านถุงกรองขนาดเล็กทั้ง 2 วิธี พบว่าผลการกำจัดฝุ่นที่เกิดจากเครื่องทำความสะอาดแท่นรองรับคอนกรีตมวลเบาทั้ง 2 วิธีมีประสิทธิภาพเท่ากันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับนัยสำคัญร้อยละ 5 จึงต้องนำทั้ง 2 วิธีมาวิเคราะห์ผลทางด้านเศรษฐศาสตร์โดยการเปรียบเทียบกระแสเงินสดสุทธิหลังหักภาษีของทั้งสองวิธี พบว่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิของค่าใช้จ่ายในการลงทุนวิธีการขัดมีค่าต่ำกว่าวิธีพ่นทรายจึงควรเลือกลงทุนวิธีการขัด และเมื่อพิจารณาอัตราผลตอบแทนในส่วนที่เพิ่มขึ้นของการลงทุนในวิธีการขัดกับการจ้างผู้รับเหมาภายนอก พบว่ามีอัตราผลตอบแทนในส่วนของการลงทุนเพิ่มร้อยละ 269 และพบว่าจุดคุ้มทุนของการลงทุนวิธีการขัดทำความสะอาดอยู่ที่ไม่ต่ำกว่า 60 แท่นต่อปี ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 15 ของกำลังการผลิต และจากการวิเคราะห์ความไวของการเปลี่ยนแปลงตัวแปรโดยเปรียบเทียบวิธีการขัดกับการจ้างผู้รับเหมาทำความสะอาด โดยทำการเปลี่ยนแปลง 4 ตัวแปรคือ ค่าจ้างผู้รับเหมาภายนอก ค่าเครื่องขัดและการติดตั้ง ค่าระบบกำจัดฝุ่นและการติดตั้ง และค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้า ในช่วง +/- ร้อยละ 50 จะไม่มีผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงการตัดสินใจเพื่อ

การลงทุน ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าโครงการออกแบบและติดตั้งเครื่องทำความสะอาดแท่นรองรับคอนกรีตมวลเบาโดยการขัดมีความเป็นไปได้ทั้งทางด้านเทคนิคและเศรษฐศาสตร์

การศึกษาและออกแบบเครื่องทำความสะอาดแท่นรองรับคอนกรีตมวลเบา เป็นการนำเทคนิควิธีการทำความสะอาดที่เป็นไปได้ในปัจจุบันมาพิจารณาออกแบบเท่านั้น ในอนาคตอาจมีเทคนิควิธีการทำความสะอาดแบบใหม่เกิดขึ้นมา ก็อาจจะสามารถนำมาพิจารณาออกแบบให้เครื่องทำความสะอาดแท่นรองรับคอนกรีตมวลเบามีประสิทธิภาพและทำงานได้สะดวกมากขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณบริษัทกรณีศึกษาที่ให้ความเอื้อเฟื้อเพื่อดำเนินสถานที่และการสนับสนุนข้อมูลสำหรับงานวิจัยเป็นอย่างดีรวมถึงบุคลากรในระดับปฏิบัติการและระดับบริหารงานทุก ๆ ท่านที่กรุณาให้การสนับสนุนในการทำการทดลองให้คำแนะนำและความเห็นที่เป็นประโยชน์ยิ่งทำให้งานวิจัยนี้มีความสมบูรณ์

References

- [1] Rudawska AI, Danczak IA, Muller MO, Valasek PA. The effect of sandblasting on surface properties for adhesion. *International Journal of Adhesion & Adhesives* 2016; 70:176-90.
- [2] Virtue Ungpakorn, Chan Thanadngarn. *Mechanical design 1*. 5th ed. Bangkok: SE-Education Publishing; 2013. (In Thai)
- [3] Alhussein AI, Capelle JA, Gilgert JI, Dominiak SA, Azari ZA. Influence of sandblasting and hydrogen on tensile and fatigue properties of pipeline API 5L X52 steel. *International journal of hydrogen energy* 2011;36:2291-301.
- [4] Ding LA, Poursaeed AU. The impact of sandblasting as a surface modification method on the corrosion behavior of steels in simulated concrete pore solution. *Construction and Building Materials* 2017;157:591-9.
- [5] Boonrak Kanjanawarawanich. *Mold operation manual*. 2nd ed. Bangkok: National Metal and Materials Technology Center; 2011. (In Thai)
- [6] Prapaisri Sutatnaayudhaya, Pongchanun Luangpaiboon. *Engineering statistics*. 3rd ed. Bangkok: Top Publishing; 2008. (In Thai)
- [7] Korrakot Yaibuathet, Leksakul Komgrit. *Engineering economics*. 1th ed. Bangkok: Top Publishing; 2006. (In Thai)

ประวัติผู้เขียนบทความ



จิระวิช จำลองศุภลักษณ์ วิศวกรติดตั้งอาวุโส แผนกวิศวกรรมติดตั้ง บมจ.ควอลิตี้คอนสตรัคชันโปรดักส์ (โรงงานบางปะอิน) นิคมอุตสาหกรรม บางปะอิน 144 หมู่ 16 ถนนอุดมสรยุทธ์ ต.บางกระสั้น อ.บางปะอิน พระนครศรีอยุธยา 13160 โทรศัพท์ 035 221 264 E-mail: jiravit@qcon.co.th, jiravit_en@hotmail.com

งานวิจัยที่สนใจ: การออกแบบติดตั้งเครื่องจักร ระบบการจัดการด้านซ่อมบำรุงโรงงาน การวิจัยด้านเทคโนโลยีวิศวกรรมทั่วไป



รศ. ตันสนีย์ สุภภา, M.S. (Industrial Engineering), Illinois Institute of Technology, USA., E-mail: fengsas@ku.ac.th

วุฒิวิศวกร สาขาวิศวกรรมอุตสาหกรรม, ผู้ทรงคุณวุฒิพิเศษ สาขาวิชาการจัดการวิศวกรรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน กรุงเทพมหานคร

งานวิจัยที่สนใจ: Engineering project feasibility study, Process Improvement



รศ. พัชรภรณ์ ญาณภีร์, D.Tech.Sc. (Industrial Engineering), Asian Institute of Technology (AIT), E-mail: fengppy@ku.ac.th

รองศาสตราจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน กรุงเทพมหานคร

งานวิจัยที่สนใจ: Applied Operations Research, Multiple Criteria Decision Making, Supply Chain Management, and Cost Management

Article History:

Received: July 24, 2018

Revised: April 22, 2019

Accepted: April 25, 2019