



งานวิเคราะห์

เรื่อง

การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการซ่อมแซมถนน
ภายในมหาวิทยาลัยขอนแก่น
ด้วยวิธีการเสริมผิวทางแอสฟัลติกคอนกรีต
(Asphaltic Concrete Overlay)

จัดทำโดย

นายวัชร พัฒนาวิวัฒน์พร ตำแหน่ง วิศวกรปฏิบัติการ
งานก่อสร้าง กองอาคารและสถานที่
สำนักงานอธิการบดี มหาวิทยาลัยขอนแก่น

พฤษภาคม 2562

งานวิเคราะห์

เรื่อง

การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการซ่อมแซมถนน
ภายในมหาวิทยาลัยขอนแก่น
ด้วยวิธีการเสริมผิวทางแอสฟัลติกคอนกรีต
(Asphaltic Concrete Overlay)

จัดทำโดย

นายวัชร พัฒนาวิวัฒน์พร ตำแหน่ง วิศวกรปฏิบัติการ
งานก่อสร้าง กองอาคารและสถานที่
สำนักงานอธิการบดี มหาวิทยาลัยขอนแก่น

พฤษภาคม 2562

ผู้รับผิดชอบ	ทบทวนโดย	อนุมัติโดย
..... (นายวัชร พัฒนาวิวัฒน์พร) วิศวกรปฏิบัติการ	 หัวหน้างานก่อสร้าง	 ผู้อำนวยการกองอาคารและสถานที่

คำนำ

การบำรุงรักษาถนน ภายในมหาวิทยาลัยขอนแก่น เป็นหนึ่งในภารกิจหลักของการดูแลรักษาอาคารและสถานที่ให้พร้อมใช้งาน และมีความปลอดภัยต่อผู้ใช้งาน ตามประเด็นยุทธศาสตร์ที่ 7 เพื่อสร้างมหาวิทยาลัยให้เป็นที่น่าอยู่ กองอาคารและสถานที่ ในฐานะที่เป็นหน่วยงานที่สนับสนุนการขับเคลื่อนประเด็นยุทธศาสตร์ดังกล่าว จึงได้มีการวางแผน จัดทำโครงการที่เกี่ยวข้องกับการบำรุงรักษาถนน ภายในมหาวิทยาลัยขอนแก่นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งนอกเหนือจากการบำรุงรักษาตามปกติแล้วยังรวมถึงการสำรวจ ประเมินความเสียหาย เพื่อวางแผนการซ่อมบำรุงด้วย ในรอบปีที่ผ่านมาพบว่าสภาพถนนเส้นทางสัญจรภายในมหาวิทยาลัยขอนแก่น โดยเฉพาะเส้นทางหลักมีสภาพความเสียหายค่อนข้างมาก และขยายเป็นพื้นที่กว้าง สาเหตุหลักเนื่องมาจากการใช้งานมาเป็นระยะเวลานาน และสภาพการจราจรที่หนาแน่นเพิ่มขึ้นในแต่ละปี

การวางแผนการซ่อมบำรุงถนนภายในมหาวิทยาลัยขอนแก่นให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด มีประเด็นที่จำเป็นต้องพิจารณา ได้แก่ 1) เทคนิคการก่อสร้างและวิธีการทางวิศวกรรม ที่มีความเหมาะสมต่อลักษณะความเสียหาย และสามารถรองรับการใช้งานได้ปัจจุบันได้ นอกจากนี้การเลือกใช้เทคนิคที่เหมาะสมจะช่วยบรรเทาปัญหาเรื่องการจราจรได้อย่างมาก เนื่องจากมหาวิทยาลัยขอนแก่นมีการดำเนินการกิจกรรมและใช้เส้นทางตลอดเวลา โดยเฉพาะอย่างยิ่งเส้นทางสายหลัก ดังนั้นหากเลือกใช้เทคนิคที่มีขั้นตอน และใช้ระยะเวลาอาจส่งผลกระทบต่อผู้ใช้งาน 2) การใช้จ่ายงบประมาณอย่างคุ้มค่า เป็นตามวัตถุประสงค์ของงานซ่อมแซม และได้ผลการก่อสร้างที่ตรงตามความต้องการของผู้ใช้งาน

นอกเหนือจากการพิจารณาด้านเทคนิคการก่อสร้าง และความคุ้มค่าด้านงบประมาณแล้ว การพิจารณาวิธีการก่อสร้างที่ลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เพื่อให้มีการใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า ควบคุมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสู่ชั้นบรรยากาศควบคู่กันไปด้วย เพื่อให้มีความสอดคล้องกับนโยบายของมหาวิทยาลัยขอนแก่นในการเป็นมหาวิทยาลัยสีเขียว (Green University)

ดังนั้นจึงได้มีการศึกษาการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการซ่อมแซมถนนภายในมหาวิทยาลัยขอนแก่นด้วยวิธีการเสริมผิวทางแอสฟัลติกคอนกรีต (Asphaltic Concrete Overlay) เพื่อประเมินประสิทธิภาพ ความคุ้มค่า และผลกระทบจากการก่อสร้างทั้งด้านเวลาการก่อสร้าง และด้านสิ่งแวดล้อม รวมถึงศึกษาแนวทางในการนำลักษณะการประเมินดังกล่าวไปใช้ในการวางแผนโครงการก่อสร้างอื่น ๆ เพื่อให้เป็นงานก่อสร้างภายในมหาวิทยาลัยขอนแก่น เป็นโครงการก่อสร้างสีเขียว (Green Construction)

นายวัชร พัฒนาวิวัฒนพร

ตำแหน่ง วิศวกรปฏิบัติการ

งานก่อสร้าง กองอาคารและสถานที่

สำนักงานอธิการบดี มหาวิทยาลัยขอนแก่น

พฤษภาคม 2562

สารบัญ

หน้า

คำนำ.....	ก
สารบัญ.....	ข
สารบัญตาราง.....	ง
สารบัญรูปภาพ.....	จ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์	3
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
1.4 ขอบเขตงานวิเคราะห์	4
1.5 คำจำกัดความ.....	4
บทที่ 2 บทความ งานวิเคราะห์ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	7
2.1 แนวทางการตรวจสอบลักษณะความเสียหายของถนน.....	7
2.2 หลักการในการซ่อมแซมถนน (กรมทางหลวงชนบท, 2555)	16
2.3 หลักการคิดราคาค่าต้นทุนการก่อสร้างงานทาง	21
2.4 การกำหนดระยะเวลาในการก่อสร้าง	26
2.5 หลักการหาค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกระบวนการก่อสร้าง	28
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิเคราะห์.....	30
3.1 ขั้นตอนการดำเนินการ.....	30
3.2 วิธีการวิเคราะห์	32
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์.....	33
4.1 วิเคราะห์ต้นทุนงานซ่อมแซมถนน.....	33
4.2 วิเคราะห์ระยะเวลาในการก่อสร้าง.....	35
4.3 วิเคราะห์ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการก่อสร้าง.....	36
บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินการ และข้อเสนอแนะ	38
5.1 สรุปผลการดำเนินการ	38

5.2 ข้อเสนอแนะ.....	39
บรรณานุกรม.....	41
ประวัติผู้เขียน.....	42
ภาคผนวก	43

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2. 1 หลักเกณฑ์พิจารณาจัดกลุ่มตามประเภทความเสียหายผิวทาง	15
ตารางที่ 2. 2 การใช้วัสดุ และเครื่องจักรในการก่อสร้างถนน	26
ตารางที่ 2. 3 อัตราการทำงานของชุดเครื่องจักรก่อสร้างทาง 1 ชุด	27
ตารางที่ 3. 1 แหล่งที่มาของข้อมูลในการหาค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโครงการ	32
ตารางที่ 4. 1 บัญชีแสดงปริมาณงาน ค่าวัสดุ และสรุปค่างานก่อสร้าง	33
ตารางที่ 4. 2 สรุประยะเวลาที่ใช้ในการก่อสร้าง.....	35
ตารางที่ 4. 3 บัญชีสรุปปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก	36

สารบัญรูปภาพ

หน้า

ภาพที่ 2. 1 ลักษณะและประเมินความเสียหายของความเสียหายประเภทผิวทางหลุดร่อน	8
ภาพที่ 2. 2 ลักษณะและประเมินความเสียหายของความเสียหายประเภทหลุมบ่อ	9
ภาพที่ 2. 3 วิธีการประเมินความเสียหายประเภทหลุมบ่อที่เกิดเป็นกลุ่ม	9
ภาพที่ 2. 4 ลักษณะและประเมินความเสียหายของความเสียหายประเภทรอยปะซ่อมที่เสียหาย	10
ภาพที่ 2. 5 ลักษณะและประเมินความเสียหายของความเสียหายประเภทยุบตัวเป็นแอ่ง.....	11
ภาพที่ 2. 6 ลักษณะและประเมินความเสียหายของความเสียหายประเภทร่องล้อ	12
ภาพที่ 2. 7 ลักษณะและประเมินความเสียหายของความเสียหายประเภทรอยแตกหนึ่งจระเข้	13
ภาพที่ 2. 8 ลักษณะและประเมินความเสียหายของความเสียหายประเภทรอยแตกตามแนวยาวและขวาง.....	14
 ภาพที่ 3. 1 การดำเนินงานวิเคราะห์ประสิทธิภาพการซ่อมแซมถนน ด้วยด้วยวิธีการบูรณะผิวทาง	31
 ภาพที่ 4. 1 ความสัมพันธ์ระหว่างขั้นตอนการก่อสร้าง และจำนวนวันทำงาน.....	35
ภาพที่ 4. 2 สัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการก่อสร้างทางใหม่ จำแนกตามขั้นตอนการก่อสร้าง	36
ภาพที่ 4. 3 สัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการบูรณะผิวทาง จำแนกตามขั้นตอนการก่อสร้าง.....	37
ภาพที่ 4. 4 เปรียบปริมาณก๊าซเรือนกระจกแต่ละวิธีการก่อสร้าง จำแนกตามขั้นตอนการก่อสร้าง.....	37

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

มหาวิทยาลัยขอนแก่น มีเนื้อที่กว่า 5,500 ไร่ มีการจัดสรรพื้นที่สำหรับการประกอบกิจกรรมตามแม่บทการใช้ที่ดินของมหาวิทยาลัย ในลักษณะต่าง ๆ ดังนี้

1. พื้นที่เขตการศึกษา ประกอบด้วยอาคารเรียน อาคารปฏิบัติการ อาคารบริการส่วนกลาง
2. พื้นที่เขตที่พักอาศัย ประกอบด้วยหอพักนักศึกษา ที่พักบุคลากร
3. พื้นที่สนามกีฬาและสันทนาการ
4. พื้นที่แปลงทดลอง
5. พื้นที่สวน ประกอบด้วยพื้นที่ป่า แหล่งกักเก็บน้ำ รวมถึงพื้นที่ที่ยังไม่ได้กำหนดการใช้งานที่แน่ชัด
6. พื้นที่ส่วนบริการ ประกอบด้วยบริเวณที่จัดไว้สำหรับการสาธารณูปโภค

แต่ละเขตการใช้พื้นที่จะถูกเชื่อมโยงกันด้วยระบบการคมนาคมภายในมหาวิทยาลัย โดยแบ่งเป็นเส้นทางสัญจรสายหลัก คือเส้นทางที่ใช้สัญจรโดยรถยนต์ มีปริมาณจราจรที่หนาแน่น และเส้นทางสัญจรสายรอง เป็นส่วนเส้นทางสัญจรภายในบริเวณซึ่งมีระดับการจราจรต่ำกว่าทางสายหลัก

กองอาคารและสถานที่มีหน้าที่ในการดูแล บำรุงรักษา และซ่อมแซมถนนภายในมหาวิทยาลัยขอนแก่น ให้มีสภาพพร้อมใช้งานตลอดเวลา และปลอดภัยต่อผู้ใช้บริการ ซึ่งมีขอบเขตงานในการดูแล ดังนี้

ถนนสายหลักภายในมหาวิทยาลัยขอนแก่น ประกอบด้วยถนนทั้งสิ้น 6 สาย มีลักษณะเป็นถนนที่เชื่อมโยงไปยังทางเข้า-ออกของมหาวิทยาลัยและถนนสายหลักภายนอก และถนนที่เชื่อมโยงจากถนนหลักสายอื่นให้มีลักษณะเป็นวงแหวนล้อมรอบพื้นที่การศึกษา ได้แก่

1. ถนนสีฐาน เป็นถนนที่เชื่อมเส้นทางจากทิศเหนือมายังทิศใต้ เริ่มจากประตูสีฐาน (ทางเข้าออกถนนมะลิวัลย์) ไปจนถึงทางแยกบริเวณสนามกีฬากลาง ระยะทางรวมทั้งสิ้นประมาณ 4.20 กิโลเมตร
2. ถนนมอดินแดง เป็นถนนที่เชื่อมเส้นทางจากทิศตะวันออกมายังทิศตะวันตก เริ่มจากประตูมอดินแดง (ทางเข้าออกถนนมิตรภาพ) ไปจนถึงประตูทางออกค่ายสีหราชเดโชชัยที่ตั้งอยู่ทางทิศตะวันตกของมหาวิทยาลัย ระยะทางรวมทั้งสิ้นประมาณ 2.90 กิโลเมตร
3. ถนนสาย 2 เป็นถนนวงแหวนรอบพื้นที่การศึกษา เริ่มต้นจากวงเวียนชั่วคราวคณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ ผ่านศาลาพระราชทานปริญญาบัตร (เดิม) วงเวียนคณะเทคนิคการแพทย์ จนถึงประตูทางออกสู่ถนนกัลปพฤกษ์ ระยะทางรวมทั้งสิ้นประมาณ 1.30 กิโลเมตร
4. ถนนสาย 4 เป็นถนนที่เชื่อมเส้นทางจากทิศเหนือมายังทิศใต้ เริ่มจากจุดเชื่อมถนนมอดินแดง ผ่านแปลงทดลองการเกษตรจนไปบรรจบกับถนนสาย 1 บริเวณบึงสีฐาน ระยะทางรวมทั้งสิ้นประมาณ 4.40 กิโลเมตร

5. ถนนสุขศิลป์ เป็นถนนเชื่อมให้เกิดวงแหวนรอบพื้นที่การศึกษา เริ่มต้นจากวงเวียนหน้าคณะเทคนิคการแพทย์ จนถึงวงเวียนหน้าอาคารสิริคุณากร ระยะทางรวมทั้งสิ้น 1.35 กิโลเมตร

6. ถนนวิทยวัฒนา เป็นถนนวงเวียนรอบพื้นที่การศึกษาชั้นใน เริ่มต้นจากสามแยกคณะเภสัชศาสตร์ ผ่านวงเวียนสะพานขาว ถึงสามแยกที่เชื่อมกับถนนมอดินแดง ระยะทางรวมประมาณ 1.40 กิโลเมตร

ถนนสายรองภายในมหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่มีการใช้งานอย่างต่อเนื่อง ได้แก่ ถนนในกลุ่มพื้นที่พักอาศัยทั้งหมด ไม่ว่าจะเป็นพื้นที่หอพักนักศึกษา และที่พักรับรอง ด้วยลักษณะการจราจรที่เปลี่ยนไป โดยมีปริมาณการใช้รถยนต์เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ถนนภายในบริเวณนี้มีการเสื่อมสภาพอย่างรวดเร็ว ส่วนถนนเส้นรองในบริเวณพื้นที่คณะ/หน่วยงานต่าง ๆ ก็มีลักษณะการเสื่อมสภาพรองลงมา สาเหตุส่วนใหญ่เนื่องจากอายุการใช้งาน และปริมาณจราจรบ้างเป็นบางส่วน

ปัจจุบัน พื้นที่ในแต่ละส่วนของมหาวิทยาลัยขอนแก่นใช้ในการประกอบกิจกรรมที่หลากหลาย ทำให้ทั้งถนนสายหลักและสายรองล้วนเป็นเส้นทางที่มีปริมาณจราจรคับคั่งตลอดเวลา โดยถนนสายหลักมีการใช้งานเป็นเส้นทางหลักสำหรับกิจกรรม และถนนสายรองทำหน้าที่เป็นเส้นทางเลี่ยงในกรณีที่ต้องการมีการระบายการจราจรจากเส้นทางหลัก ผลที่ตามมาคือการเสื่อมสภาพของผิวจราจรที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว ทำให้ต้องมีการวางแผนในการบำรุงรักษา และซ่อมแซมอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้ถนนสามารถใช้งานได้อย่างปลอดภัย และอำนวยความสะดวกให้แก่ผู้ใช้งาน

การเลือกวิธีการก่อสร้างหรือปรับปรุงซ่อมแซมถนนที่เหมาะสม และมีประสิทธิภาพ จึงถือเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญมาก ทั้งในแง่ของการลดผลกระทบต่อการใช้งานระหว่างการก่อสร้าง และการลดผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมซึ่งถือเป็นประเด็นใหม่ที่ผู้ออกแบบ และผู้กำกับควบคุมการก่อสร้างต้องนำมาใช้ประกอบการทบทวนกระบวนการทำงาน ให้สอดคล้องกับนโยบายมหาวิทยาลัยสีเขียวของมหาวิทยาลัยขอนแก่น เนื่องจากแต่ละวิธีในการก่อสร้างงานถนนล้วนมีข้อแตกต่างกันในด้านผลกระทบ ระยะเวลาการทำงาน รวมถึงการใช้ทรัพยากรที่แตกต่างกัน ซึ่งปัจจัยเหล่านี้ล้วนมีความเชื่อมโยงกับงบประมาณที่ใช้ในการดำเนินโครงการ และมีปริมาณผลกระทบที่เกิดขึ้นกับสิ่งแวดล้อมแตกต่างกัน

ตามที่มหาวิทยาลัยขอนแก่น มีนโยบายขับเคลื่อนตามประเด็นยุทธศาสตร์ที่ 7 สร้างมหาวิทยาลัยให้เป็นที่น่าอยู่ (Great Place to Live) และผลักดันให้เข้าร่วมการจัดอันดับมหาวิทยาลัยสีเขียวของมหาวิทยาลัยสีเขียวของมหาวิทยาลัยทั่วโลก โดย UI Green Metric Ranking of World University จัดโดย University of Indonesia หรือ UI ซึ่งเป็นกลไกเพื่อส่งเสริมให้สถาบันการศึกษาระดับมหาวิทยาลัยทั่วโลก ได้ทำนโยบาย และจัดระบบการจัดการสิ่งแวดล้อมภายในมหาวิทยาลัยให้เกิดความยั่งยืน และเอื้อต่อการลด ผลกระทบที่ก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน โดยคำนึงถึงการอนุรักษ์พลังงาน การจัดการสิ่งแวดล้อมที่ดี รวมถึงการเพิ่มพื้นที่สีเขียว และการส่งเสริมให้เกิดการใช้พลังงานทดแทน ซึ่งเกณฑ์การตัดสิน ได้คำนึงถึงการจัดทำนโยบายการพัฒนาระบบการจัดการ กิจกรรมการส่งเสริมให้เกิดการรับรู้ และการนำระบบไปสู่การปฏิบัติให้ครบถ้วนภายในมหาวิทยาลัย

การดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ ภายในมหาวิทยาลัยจึงจำเป็นต้องตระหนักถึงการลดผลกระทบที่จะก่อให้เกิดมลภาวะด้านสิ่งแวดล้อม กิจกรรมการก่อสร้างและซ่อมบำรุงต่าง ๆ ก็เช่นกัน ดังนั้นจึงได้เลือก

วิเคราะห์ประสิทธิภาพของการซ่อมแซมถนนภายในมหาวิทยาลัยในด้านความคุ้มค่า ด้านผลกระทบต่อการใช้งานระหว่างการก่อสร้าง และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมด้วยการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากขั้นตอนการก่อสร้าง เพื่อเป็นแนวทางและเป็นประโยชน์ต่อผู้ปฏิบัติงานด้านการออกแบบ และควบคุมการก่อสร้างในการเลือกใช้เทคนิคการก่อสร้างที่มีความคุ้มค่า มีประสิทธิภาพ และลดผลกระทบต่อชุมชนและสิ่งแวดล้อม

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์

งานวิเคราะห์นี้จัดทำขึ้น เพื่อประเมินประสิทธิภาพการซ่อมบำรุงถนนภายในมหาวิทยาลัยขอนแก่นด้วยวิธีการเสริมผิวทางแอสฟัลติกคอนกรีต (Asphaltic Concrete Overlay) ในด้านความคุ้มค่าด้านงบประมาณ ประสิทธิภาพของกระบวนการและผลกระทบระหว่างการก่อสร้าง รวมถึงประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมของกระบวนการซ่อมแซมถนน โดยอาศัยการวิเคราะห์ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gas: GHG) ที่เกิดจากกระบวนการซ่อมแซมถนนที่ใช้เทคนิคแตกต่างกันสำหรับงานผิวทางแอสฟัลติกคอนกรีต (Asphaltic Concrete) เพื่อเป็นการเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกระหว่างกระบวนการซ่อมแซมถนนด้วยวิธีการก่อสร้างใหม่ (Reconstruction) และวิธีการเสริมผิวทางแอสฟัลติกคอนกรีต (Asphaltic Concrete Overlay) เพื่อใช้เป็นแนวทางประกอบการพิจารณาเลือกใช้วิธีการซ่อมแซมถนนภายในมหาวิทยาลัยขอนแก่นต่อไป

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ ดังนี้

1. ทราบถึงแนวทางในการประมาณการงบประมาณที่ใช้ในการซ่อมแซมถนนภายในมหาวิทยาลัยขอนแก่น ด้วยวิธีการก่อสร้างใหม่ (Reconstruction) และวิธีการเสริมผิวทางแอสฟัลติกคอนกรีต (Asphaltic Concrete Overlay)
2. ทราบถึงแนวทางในการประเมินระยะเวลาที่ใช้ในการซ่อมแซมถนนภายในมหาวิทยาลัยขอนแก่น ด้วยวิธีการก่อสร้างใหม่ (Reconstruction) และวิธีการเสริมผิวทางแอสฟัลติกคอนกรีต (Asphaltic Concrete Overlay)
3. ทราบถึงลำดับขั้นตอนของกระบวนการปรับปรุงซ่อมแซมถนน และสามารถเปรียบเทียบหาปริมาณการใช้พลังงาน และทรัพยากรในแต่ละกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการปรับปรุงซ่อมแซมถนน
4. ทราบถึงปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นในกิจกรรมการปรับปรุงซ่อมแซมถนน
5. ทราบถึงแนวทางในการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในขั้นตอนการก่อสร้างหรือปรับปรุงซ่อมแซม ภายในมหาวิทยาลัยขอนแก่น
6. สามารถนำแนวทางการประเมินประสิทธิภาพนี้ไปใช้ในการประเมินกิจกรรมการก่อสร้างอื่น ๆ เพื่อช่วยส่งเสริมการรักษาสิ่งแวดล้อม และลดมลพิษ

1.4 ขอบเขตงานวิเคราะห์

การศึกษานี้เป็นการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการซ่อมบำรุงถนนภายในมหาวิทยาลัยขอนแก่นด้วยวิธีการเสริมผิวทางแอสฟัลติกคอนกรีต (Asphaltic Concrete Overlay) โดยประเมินจากข้อมูลของโครงการซ่อมแซมถนนที่ได้ดำเนินการแล้วเสร็จ ในปีงบประมาณ พ.ศ. 2562 ได้แก่ โครงการปรับปรุงถนนสีฐาน (ศูนย์ประชุมกาญจนาภิเษกถึงวงเวียนสนามกีฬากลาง) เพื่อวิเคราะห์ความคุ้มค่าในเชิงงบประมาณ และจากนโยบายการพัฒนาของมหาวิทยาลัยขอนแก่นในการเป็นมหาวิทยาลัยสีเขียว (Green University) จึงได้มีการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่เกิดจากกิจกรรมการซ่อมแซมถนนด้วยวิธีการเสริมผิวแบบแอสฟัลท์ เทียบกับการซ่อมแซมด้วยวิธีทั่วไปด้วย เพื่อให้เป็นส่วนหนึ่งของการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมการก่อสร้างปรับปรุงซ่อมแซมถนน

1.5 คำจำกัดความ

ผู้ออกแบบ หมายความว่า ผู้ออกแบบงานสถาปัตยกรรม หรือผู้ออกแบบและคำนวณงานวิศวกรรม และ “เจ้าของอาคาร” หมายถึง ผู้มีกรรมสิทธิ์ในอาคารนั้น โดยให้หมายความรวมถึงเจ้าของโครงการที่เป็นผู้ทำสัญญาจ้างก่อสร้าง ดัดแปลง รื้อถอน หรือเคลื่อนย้ายอาคารด้วย

การก่อสร้าง (Construction) หมายความว่า กระบวนการอย่างหนึ่ง ซึ่งจัดขึ้นเพื่อประกอบโครงสร้างพื้นฐานจนก่อขึ้นมาเป็นตัวอาคาร บ้านเรือนหรือระบบสาธารณูปโภค ทั้งนี้เพื่อให้เกิดประโยชน์ต่อการใช้งานของมนุษย์ สำหรับวิชาการก่อสร้างในระดับมหาวิทยาลัยนั้นจะไม่ได้สอนเพียงวิธีสร้างสิ่งใดสิ่งหนึ่งขึ้นมาเฉพาะแค่แรงงานเท่านั้น ทว่ายังสอนให้ได้เรียนรู้ถึงการจัดหาทรัพยากร การบริหารในส่วนของงบประมาณและด้านความปลอดภัยตามมา

งานก่อสร้างทาง หมายความว่า การก่อสร้าง การขยาย การบูรณะ และหรือการบำรุงรักษาทางหรือถนน ซึ่งจัดไว้เพื่อประโยชน์ในการจราจรและการสาธารณสุขทางบก แต่ไม่รวมทางรถไฟ ไม่ว่าในระดับพื้นดิน ใต้ หรือเหนือพื้นดิน และให้หมายความรวมถึงที่ดิน พืช พันธุ์ไม้ทุกชนิด ท่อกลม รางระบายน้ำ ร่องน้ำ กำแพงกันดิน เขื่อนรั้ว หลักสำรวจ หลักเขต หลักกระยะ ป้ายจราจร เครื่องหมาย เครื่องสัญญาณไฟฟ้า เครื่องแสดงสัญญาณ ที่จอดรถที่ปักคนโดยสาร ที่พักริมทาง อาคาร และหรือสิ่งอื่นใดอันเป็นอุปกรณ์งานก่อสร้างทางในบรรดาที่มีอยู่ หรือที่ได้จัดไว้ในเขตงานก่อสร้างทาง หรือเพื่อประโยชน์แก่งานก่อสร้างทาง และหรือผู้ใช้สิ่งก่อสร้างที่เป็นงานก่อสร้างทางนั้นด้วย

การจัดซื้อจัดจ้าง หมายความว่า การดำเนินการเพื่อให้ได้มาซึ่งพัสดุโดยการซื้อ จ้าง เช่า แลกเปลี่ยน หรือโดยนิติกรรมอื่นตามที่กำหนดในกฎกระทรวง

งานก่อสร้าง หมายความว่า งานก่อสร้างอาคาร งานก่อสร้างสาธารณูปโภค หรือสิ่งปลูกสร้างอื่นใด และการซ่อมแซม ต่อเติม ปรับปรุง รื้อถอน หรือการกระทำอื่นที่มีลักษณะทำนองเดียวกันต่ออาคาร สาธารณูปโภค หรือสิ่งปลูกสร้างดังกล่าว รวมทั้งงานบริการที่รวมอยู่ในงานก่อสร้างนั้นด้วย แต่มูลค่าของงานบริการต้องไม่สูงกว่ามูลค่าของงานก่อสร้างนั้น

ตามหนังสือที่ กค (กวจ) 0405.2/ว259 ลงวันที่ 4 มิถุนายน 2561 เรื่อง ข้อมความเข้าใจนิยามความหมาย “งานก่อสร้าง” ตามพระราชบัญญัติการจัดซื้อจัดจ้างและการบริหารพัสดุภาครัฐ พ.ศ. 2560 ออกโดยคณะกรรมการวินิจฉัยปัญหาการจัดซื้อจัดจ้างและการบริหารพัสดุภาครัฐ กรมบัญชีกลาง ได้ข้อมความเข้าใจนิยามความหมายของคำว่า “งานก่อสร้าง” ตามมาตรา 4 แห่งพระราชบัญญัติฯ ดังนี้

1. การซ่อมแซม หมายความว่า การซ่อม การดำเนินการ และหรือการเปลี่ยนแปลงส่วนประกอบอันเป็นโครงสร้างของสิ่งก่อสร้างหรือสิ่งก่อสร้างทั้งหมดหรือบางส่วน ให้คงสภาพและหรือใช้งานได้ตามปกติดั้งเดิม

2. การปรับปรุง หมายความว่า การแก้ไข การกระทำ และหรือการดำเนินการอื่นใด อันเป็นโครงสร้างของสิ่งก่อสร้างหรือสิ่งก่อสร้างทั้งหมดหรือบางส่วน ซึ่งได้ก่อสร้างไว้แล้วให้มีสภาพที่ดียิ่งขึ้น

3. การต่อเติม หมายความว่า การดัดแปลง เปลี่ยนแปลง เพื่อเพิ่มเติม หรือขยาย ซึ่งลักษณะขอบเขต แบบ รูปทรง สัดส่วน น้ำหนัก เนื้อที่ อันเป็นโครงสร้างของสิ่งก่อสร้างหรือสิ่งก่อสร้างทั้งหมดหรือบางส่วน ซึ่งได้ก่อสร้างไว้แล้วให้ผิดไปจากเดิม แต่มิใช่เป็นกรณีของการซ่อมแซม

4. การรื้อถอน หมายความว่า การรื้อหรือการดำเนินการอื่นใด เพื่อนำส่วนประกอบอันเป็นโครงสร้างของสิ่งก่อสร้างหรือสิ่งก่อสร้างทั้งหมดหรือบางส่วนออกไป
กรณีตามข้อ 1 ถึงข้อ 4 ให้หน่วยงานของรัฐพิจารณาดังนี้

1. หากการดำเนินการดังกล่าว ไม่มีผลกระทบต่อโครงสร้างหลัก หรือไม่มีผลกระทบต่อความปลอดภัย หรือไม่มีความจำเป็นต้องมีการควบคุมดูแลการปฏิบัติงานตลอดระยะเวลาดำเนินการ หน่วยงานของรัฐสามารถดำเนินการจัดจ้างในลักษณะอื่นที่มีใช้งานก่อสร้างได้

2. หากการดำเนินการดังกล่าว มีผลกระทบต่อโครงสร้างหลัก หรือมีผลกระทบต่อความปลอดภัย หรือมีความจำเป็นจะต้องมีการควบคุมดูแลการปฏิบัติงานตลอดระยะเวลาดำเนินการ หน่วยงานของรัฐจะต้องดำเนินการจัดจ้างในลักษณะงานก่อสร้าง

ราคากลาง หมายความว่า ราคาที่ใช้เป็นฐานสำหรับเปรียบเทียบราคาที่ผู้ยื่นข้อเสนอได้ยื่นเสนอไว้ ซึ่งสามารถจัดซื้อจัดจ้างได้จริง มีดังนี้

- (1) ราคาที่ได้จากการคำนวณ ตามหลักเกณฑ์ที่คณะกรรมการราคากลางกำหนด
- (2) ราคาที่ได้มาจากฐานข้อมูลราคาอ้างอิงที่กรมบัญชีกลางจัดทำ
- (3) ราคามาตรฐานที่สำนักงบประมาณหรือหน่วยงานกลางอื่นกำหนด
- (4) ราคาที่ได้จากการสืบราคาจากท้องตลาด
- (5) ราคาที่เคยซื้อหรือจ้างครั้งหลังสุดภายในระยะเวลา 2 ปีงบประมาณ
- (6) ราคาอื่นตามหลักเกณฑ์ วิธีการ หรือแนวทางปฏิบัติของหน่วยงานของรัฐ

กรณีที่มีราคาตาม (1) ให้ใช้ราคาตาม (2) ก่อน ถ้าไม่มีราคาตาม (1) แต่มีราคาตาม (2) หรือ (3) ให้ใช้ราคาตาม (2) หรือ (3) ไปก่อน โดยจะใช้ราคาตาม (2) หรือ (3) ให้คำนึงถึงประโยชน์ของหน่วยงานของรัฐเป็นสำคัญ

กรณีที่ไม่มียาตาม (1) (2) และ (3) ให้ใช้ราคาตาม (4) (5) หรือ (6) ตามลำดับก่อน โดยจะใช้ราคาตาม (4) (5) หรือ (6) ให้คำนึงถึงประโยชน์ของหน่วยงานของรัฐเป็นสำคัญ

เงินงบประมาณ หมายความว่า

- เงินงบประมาณตามกฎหมายว่าด้วยงบประมาณรายจ่าย กฎหมายว่าด้วยวิธีการ งบประมาณ หรือกฎหมายว่าด้วยการโอนงบประมาณ
- เงินซึ่งหน่วยงานของรัฐได้รับโดยได้รับอนุญาตจากรัฐมนตรี ให้โดยไม่ต้องนำส่งคลังตามกฎหมายว่าด้วยวิธีการงบประมาณ หรือกฎหมายว่าด้วยเงินคงคลัง
- เงินซึ่งหน่วยงานของรัฐได้รับโดยไม่ต้องนำส่งคลังเป็นรายได้ของแผ่นดินตามกฎหมาย
- เงิน ภาษีอากร ค่าธรรมเนียม หรือผลประโยชน์อื่นที่ตกเป็นรายได้ของราชการส่วน ท้องถิ่นตามกฎหมายหรือที่ราชการส่วนท้องถิ่นมีอำนาจเรียกเก็บตามกฎหมาย
- เงินกู้ เงินช่วยเหลือ และเงินอื่นตามที่กำหนดในกฎกระทรวง

ค่างานต้นทุน (Direct Cost) หมายความว่า ค่างานต้นทุน หรือราคาทุนของงานก่อสร้างทาง สะพาน และท่อเหลี่ยม ซึ่งคำนวณตามหลักเกณฑ์การประเมินราคาต้นทุนต่อหน่วยในงานก่อสร้างทาง สะพาน และท่อเหลี่ยม

คาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (Carbon dioxide Equivalent: kgCO₂e) หมายความว่า หน่วยแสดงความสามารถในการทำให้เกิดสภาวะโลกร้อนเมื่อเทียบในรูปปริมาณของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂)

บทที่ 2

บทความ งานวิเคราะห์ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของการซ่อมแซมถนนภายในมหาวิทยาลัยขอนแก่นให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ของงานวิเคราะห์นี้ ต้องอาศัยการศึกษาทำความเข้าใจถึงแนวคิด ทฤษฎี ระเบียบปฏิบัติ และหลักการทางวิชาการที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

1. แนวทางการตรวจสอบลักษณะความเสียหายของถนน
2. หลักการในการซ่อมแซมถนน
3. หลักการคิดราคาค่าต้นทุนการก่อสร้างงานทาง
4. การกำหนดระยะเวลาการก่อสร้าง
5. หลักการหาค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกระบวนการก่อสร้าง

2.1 แนวทางการตรวจสอบลักษณะความเสียหายของถนน

ความชำรุดเสียหายของผิวทาง (กรมทางหลวงชนบท, 2555) ผิวทางหรือถนนสามารถเกิดความชำรุดเสียหายได้จากหลายปัจจัย ได้แก่

1. อายุการใช้งานผิวทาง
2. ปริมาณจราจรเฉลี่ยต่อวันตลอดปี (Annual Average Daily Traffic: AADT)
3. ปริมาณรถบรรทุกหนัก (Heavy Truck Volume)
4. ลักษณะภูมิอากาศ เช่น ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยต่อปี การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิระหว่างวัน เป็นต้น
5. การเคลื่อนไหวของดินชั้นต่างๆ ที่อยู่ใต้พื้นทาง
6. ลักษณะของโครงสร้างชั้นพื้นทางเดิม

ล้วนเป็นปัจจัยซึ่งส่งผลให้ถนนได้รับความเสียหาย แต่ละปัจจัยมีระดับความรุนแรงที่ผลกระทบต่อความเสียหายแตกต่างกัน และส่งผลให้เกิดรูปแบบของลักษณะความเสียหายที่แตกต่างกันออกไปด้วย เช่น รอยแตกร้าว (Cracks) คลื่นลูกกระนาบ (Corrugations) ทดุดเป็นแอ่ง (Depression) ผิวทางหลุดร่อน (Ravelling) หลุมบ่อ (Potholes) ผิวทางมียางเยิ้ม (Bleeding) เป็นต้น วิธีการซ่อมความชำรุดเสียหายในแต่ละลักษณะดังกล่าวข้างต้นแตกต่างกันออกไป ซึ่งต้องเลือกวิธีการซ่อมแซมให้ถูกต้องกับลักษณะความเสียหาย และลักษณะของผิวทางเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด

งานวิเคราะห์นี้ รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับลักษณะความเสียหายของผิวทางประเภทลาดยาง ที่ได้มีการศึกษาและกำหนดลักษณะความเสียหายตามประเภทของผิวทาง เพื่อใช้เป็นแนวทางในการวางแผนการซ่อมบำรุงได้อย่างเหมาะสม โดยแบ่งประเภทของความเสียหายของผิวทางลาดยาง ตามลักษณะและสาเหตุการเกิดได้ดังนี้

2.1.1 ผิวทางหลุดร่อน (Ravelling)

เป็นรูปแบบหนึ่งของลักษณะความเสียหายที่เรียกว่า การหลุดร่อน (Disintegration) ลักษณะความเสียหายของผิวทางหลุดร่อนมีลักษณะคล้ายหน้าข้าวตัง แสดงดังภาพที่ 2.1

สาเหตุ การเกิดผิวทางหลุดร่อนเกิดจากวัสดุที่นำมาก่อสร้างผิวทางสกปรก การบดอัดที่ไม่ได้ตามมาตรฐาน ของกรมทางหลวงชนบท หรือขณะก่อสร้างผิวทางความชื้นในอากาศสูงทำให้การยิดเกาะวัสดุผิวทางไม่ดี ดังนั้นเมื่อมีการเปิดจราจรได้สักระยะหนึ่ง ผิวทางจะเกิดการหลุดร่อนเนื่องจากการเสียดสีระหว่างผิวทาง และ ยานพาหนะที่สัญจรผ่าน

ประเมินความเสียหาย ของการชำรุดลักษณะนี้สามารถทำการวัด โดยวัดความเสียหายเป็นลักษณะของสี่เหลี่ยมใน หน่วยของตารางเมตร โดยความยาวของผิวทางหลุดร่อนเท่ากับ A เมตร และความกว้างของผิวทางหลุดร่อน เท่ากับ B เมตร ซึ่งการวัดความเสียหาย ชนิดหลุดร่อนจะเพิ่มความยาวอีกข้างละ 30 เซนติเมตร ทั้งความยาวและความกว้าง เพื่อให้ครอบคลุมบริเวณความเสียหายข้างเคียง ลักษณะความเสียหาย และ ตัวอย่างการวัดความเสียหายแสดงในภาพที่ 2.1 สำหรับวิธีการคำนวณพื้นที่ความเสียหาย ดังตัวอย่างต่อไปนี้

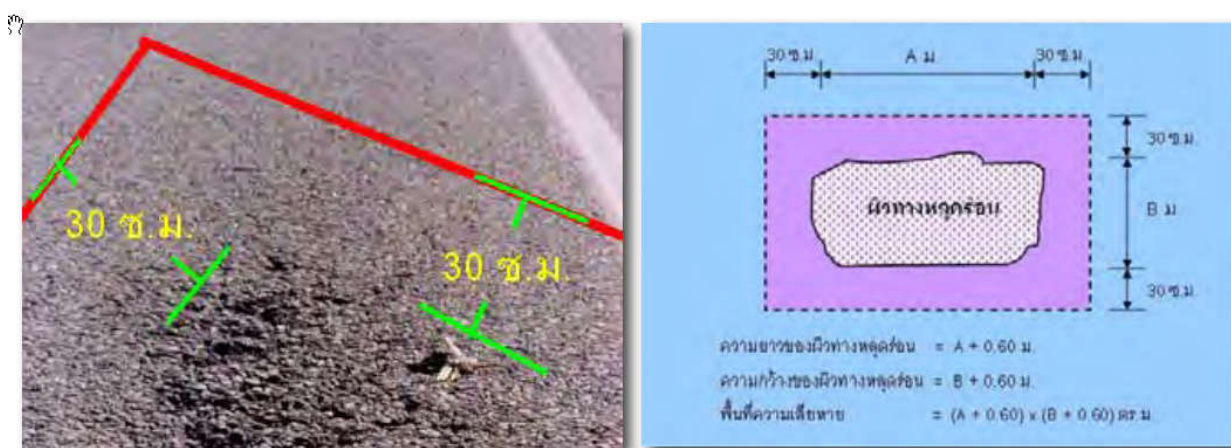
ผิวทางหลุดร่อนยาว A เมตร

ดังนั้น ด้านยาวของพื้นที่เท่ากับ $A + 0.6$ เมตร

ผิวทางหลุดร่อนกว้าง B เมตร

ดังนั้น ด้านกว้างของพื้นที่เท่ากับ $B + 0.6$ เมตร

$$\begin{aligned}\text{พื้นที่ความเสียหาย} &= \text{ความยาว} \times \text{ความกว้าง} \\ &= (A + 0.6) \times (B + 0.6) \text{ ตารางเมตร}\end{aligned}$$



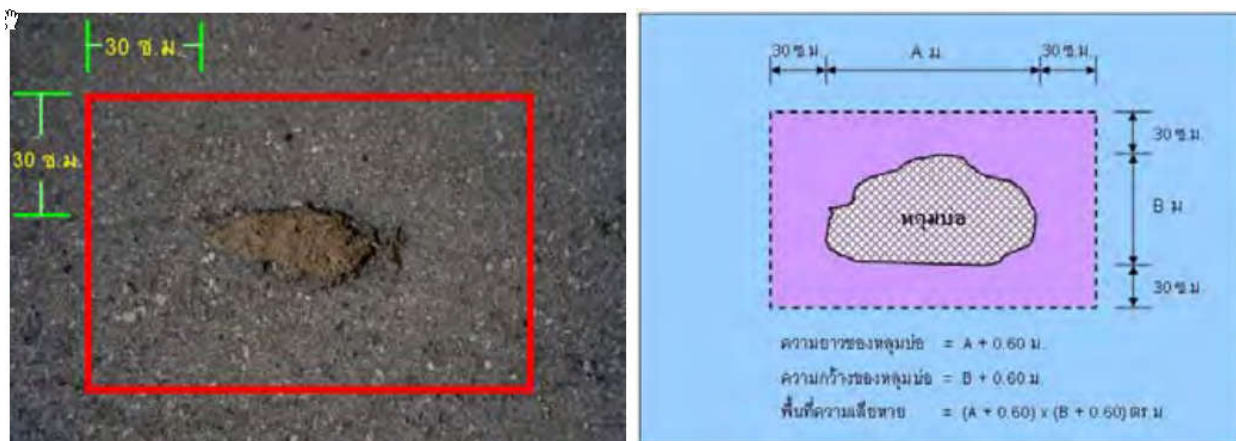
ภาพที่ 2. 1 ลักษณะและประเมินความเสียหายของความเสียหายประเภทผิวทางหลุดร่อน

2.1.2 หลุมบ่อ (Potholes)

เป็นความเสียหายรูปแบบหนึ่งของความเสียหายในลักษณะการหลุดร่อน (Disintegration) แต่มีลักษณะ เกิดเป็นหลุมบ่อคล้ายถ้วย

สาเหตุ จากโครงสร้างผิวทางและโครงสร้างพื้นทางไม่แข็งแรงเพียงพอ วัสดุที่นำมาก่อสร้างไม่ได้มาตรฐานตามที่กรมทางหลวงชนบทกำหนด หรืออาจเกิดจากการระบายน้ำในชั้นผิวทางไม่ดีพอ หรืออาจเกิดจากการที่มีปริมาณรถบรรทุกหนักสัญจรผ่านมากเกินไปจนกว่ามาตรฐานชั้นทางกำหนด

ประเมินความเสียหาย ของการชำรุดลักษณะนี้สามารถทำการวัดในลักษณะของพื้นที่สี่เหลี่ยมรอบบริเวณที่เสียหายหน่วยเป็นตารางเมตรเช่นเดียวกับการชำรุดแบบผิวทางหลุดร่อน ลักษณะความเสียหาย และวิธีวัดพื้นที่เสียหายแสดงดัง ภาพที่ 2 สำหรับบริเวณที่เกิดหลุมบ่อเป็นบริเวณต่อเนื่องกัน และมีระยะห่างระหว่างหลุมบ่อน้อยกว่า 30 เซนติเมตร ให้ดำเนินการวัดความเสียหายห่างจากบริเวณที่เกิดต่อเนื่องกันออกไปไม่น้อยกว่าข้างละ 30 เซนติเมตร ตัวอย่างดัง ภาพที่ 3



ภาพที่ 2. 2 ลักษณะและประเมินความเสียหายของความเสียหายประเภทหลุมบ่อ



ภาพที่ 2. 3 วิธีการประเมินความเสียหายประเภทหลุมบ่อที่เกิดเป็นกลุ่ม

2.1.3 รอยปะซ่อมที่เสียหาย หรือไม่ได้มาตรฐาน (Bad Patching)

รอยปะซ่อมที่เสียหาย หรือไม่ได้มาตรฐาน (Bad Patching) เป็นความเสียหายรูปแบบหนึ่งของความเสียหายที่เรียกว่า การบิดตัวเปลี่ยนลักษณะจากรูปเดิม (Distortion)

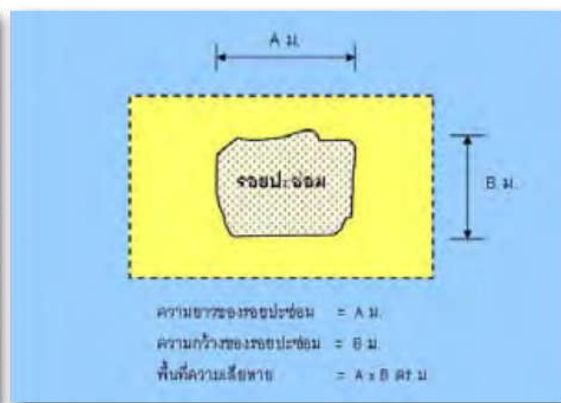
สาเหตุ เกิดจากการซ่อมแซมผิวทางตามแนววางท่อ หรือระบบสาธารณูปโภคแล้วบดอัดวัสดุถมหลุมที่ขุดไม่ได้คุณภาพ การที่ซ่อมบำรุงรักษาโดยวิธีการปะซ่อมผิวทาง และการขุดซ่อมผิวทางเกิดการเสียรูป หรือเกิดจากการซ่อมที่ไม่ได้มาตรฐานตามที่กำหนด

ประเมินความเสียหาย ของการชำรุดลักษณะนี้สามารถทำการวัดในลักษณะของพื้นที่สี่เหลี่ยมรอบบริเวณที่เสียหายหน่วยเป็นตารางเมตร โดยไม่ต้องวัดออกจากพื้นที่ที่เสียหาย สำหรับลักษณะความเสียหาย และวิธีวัดพื้นที่เสียหายแสดงดังภาพที่ 2.4 ซึ่งวิธีการคำนวณพื้นที่ความเสียหายรายละเอียดดังนี้

รอยปะซ่อมที่เสียหายมีความยาว A เมตร

รอยปะซ่อมที่เสียหายมีความกว้าง B เมตร

$$\begin{aligned}\text{พื้นที่ความเสียหาย} &= \text{ความยาว} \times \text{ความกว้าง} \\ &= AB \text{ ตารางเมตร}\end{aligned}$$



ภาพที่ 2. 4 ลักษณะและประเมินความเสียหายของความเสียหายประเภทรอยปะซ่อมที่เสียหาย

2.1.4 ยุบตัวเป็นแอ่ง (Depression)

ยุบตัวเป็นแอ่ง (Depression) เป็นความเสียหายรูปแบบหนึ่งของความเสียหายที่เรียกว่า การบิดตัวเปลี่ยน ลักษณะจากรูปเดิม (Distortion) มีลักษณะผิวลาดยางยุบเป็นแอ่งต่ำกว่าบริเวณอื่น

สาเหตุ มักเกิดจากการทรุดตัวของโครงสร้างชั้นทาง เนื่องจากการที่ก่อสร้างไม่ได้มาตรฐาน หรือการใช้วัสดุที่ขาดการควบคุมคุณภาพ

ประเมินความเสียหาย ของการชำรุดลักษณะนี้สามารถทำการวัดในลักษณะพื้นที่สี่เหลี่ยมรอบบริเวณที่เสียหายหน่วยเป็นตารางเมตร และวัดความลึกของแอ่งที่ยุบตัวเป็นเซนติเมตร การวัดพื้นที่ความเสียหายดำเนินการโดยวัดความกว้างของยุบตัวเป็นแอ่ง เท่ากับ A

เมตร และความลึกของยุบตัวเป็นแอ่ง เท่ากับ B เซนติเมตร ความยาวของยุบตัวเป็นแอ่งเท่ากับ L เมตร ซึ่งการวัดความเสียหายชนิดยุบตัวเป็นแอ่งจะ เพิ่มความยาวอีกข้างละ 30 เซนติเมตร ทั้งความยาวและความกว้าง ลักษณะความเสียหายและการวัดพื้นที่ความเสียหายและการวัดการยุบตัวแสดงดังภาพที่ 5 สำหรับการคำนวณพื้นที่ความเสียหายรายละเอียดดัง ต่อไปนี้

ผิวทางยุบตัวเป็นแอ่งยาว L เมตร

ดังนั้น ด้านยาวของพื้นที่เท่ากับ L + 0.6 เมตร

ผิวทางยุบตัวเป็นแอ่งกว้าง A เมตร

ดังนั้น ด้านกว้างของพื้นที่เท่ากับ A + 0.6 เมตร

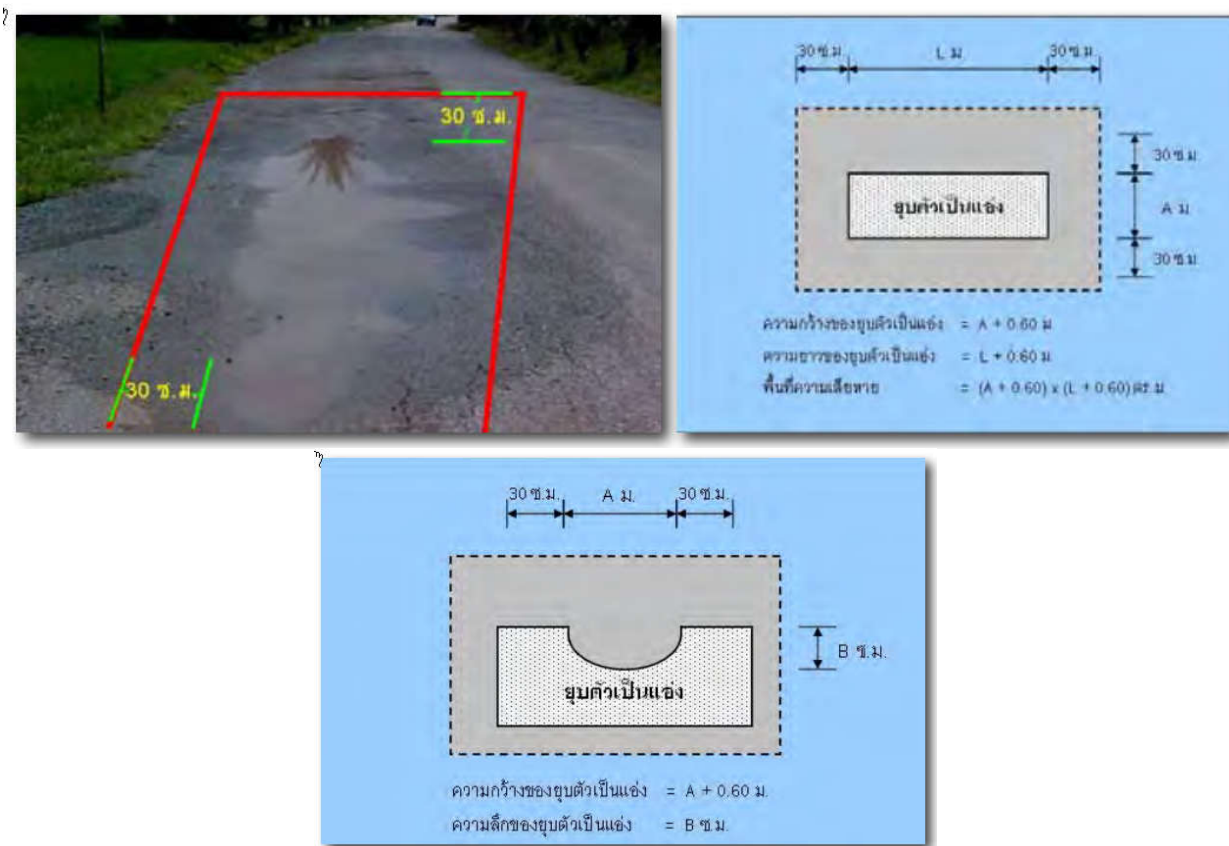
พื้นที่ความเสียหาย

=

ความยาว X ความกว้าง

=

(L + 0.6) X (A + 0.6) ตารางเมตร



ภาพที่ 2. 5 ลักษณะและประเมินความเสียหายของความเสียหายประเภทยุบตัวเป็นแอ่ง

2.1.5 ร่องล้อ (Ruts)

ร่องล้อ (Ruts) เป็นความเสียหายรูปแบบหนึ่งของความเสียหายที่เรียกว่า การบิดตัวเปลี่ยนลักษณะจาก รูปเดิม (Distortion) ซึ่งร่องล้อคือการเปลี่ยนรูปของผิวทางโดยผิวทางมีการยุบตัวไปตามแนวร่องล้อแต่บริเวณด้านข้างไม่ถูกดันปูดสูงขึ้น

สาเหตุ

ความเสียหายนี้มักเกิดจากการบดอัดวัสดุชั้นทางในขณะก่อสร้างไม่ดีพอ หรือวัสดุทางมีส่วนผสมไม่เหมาะสม หรือการรับน้ำหนักเกินพิกัดของรถบรรทุกซึ่งสัญจรผ่าน ทำให้เกิดการเคลื่อนตัวทางด้านข้างเมื่อน้ำหนักมากกดทับ

ประเมินความเสียหาย

ของการชำรุดลักษณะนี้สามารถทำการวัดในลักษณะพื้นที่สี่เหลี่ยมรอบบริเวณที่เสียหายหน่วยเป็นตารางเมตร และวัดความลึกของร่องล้อเป็นเซนติเมตร โดยความกว้างของร่องล้อ เท่ากับ A เมตร และความลึกของร่องล้อ เท่ากับ B เซนติเมตร ความยาวของร่องล้อ เท่ากับ L เมตร ซึ่งการวัดความเสียหายชนิดร่องล้อในด้านกว้างจะเพิ่มความยาว อีกข้างละ 30 เซนติเมตร ลักษณะความเสียหาย และการวัดพื้นที่ความเสียหาย และการวัดความลึกของร่องล้อแสดงดังภาพที่ 6 สำหรับการคำนวณพื้นที่ความเสียหายรายละเอียดดังต่อไปนี้

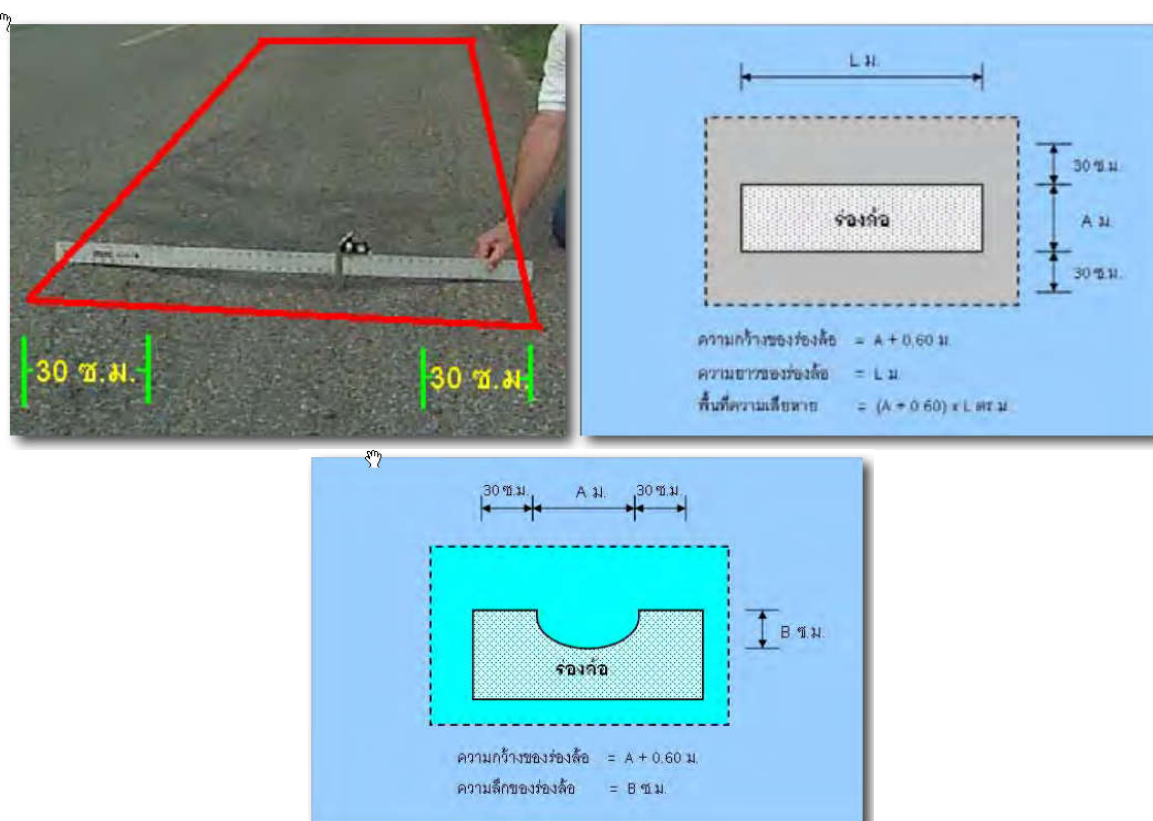
ผิวทางยุบตัวเป็นแอ่งยาว L เมตร

ดังนั้น ด้านยาวของพื้นที่เท่ากับ L เมตร

ผิวทางยุบตัวเป็นแอ่งกว้าง A เมตร

ดังนั้น ด้านกว้างของพื้นที่เท่ากับ A + 0.6 เมตร

$$\begin{aligned}\text{พื้นที่ความเสียหาย} &= \text{ความยาว} \times \text{ความกว้าง} \\ &= L \times (A + 0.6) \text{ ตารางเมตร}\end{aligned}$$



ภาพที่ 2. 6 ลักษณะและประเมินความเสียหายของความเสียหายประเภทร่องล้อ

2.1.6 รอยแตกหนังจระเข้ (Alligator Cracks)

รอยแตกหนังจระเข้ (Alligator Cracks) เป็นความเสียหายรูปแบบหนึ่งของความเสียหายที่เรียกว่า การแตกร้าว (Cracks) ซึ่งมีสภาพเป็นตารางคล้ายหนังจระเข้ หรือลวดตาข่าย

สาเหตุ ส่วนใหญ่เกิดจากมีความชื้นในชั้น โครงสร้างทางสูง ทำให้ความสามารถรับน้ำหนัก ลดลง เมื่อมีน้ำหนักบรรทุกผ่านจึงเกิดการแตกร้าว

ประเมินความเสียหาย ของความเสียหายลักษณะนี้สามารถทำการวัดในลักษณะพื้นที่สี่เหลี่ยมรอบบริเวณ ที่เสียหายหน่วยเป็นตารางเมตรดังแสดงในภาพที่ 2.9 โดย ความยาวของรอยแตก หนังจระเข้ เท่ากับ A เมตร และความกว้างของรอยแตกหนังจระเข้ เท่ากับ B เมตร ซึ่งการวัด ความเสียหายชนิดรอยแตกหนังจระเข้จะเพิ่มความยาวอีกข้างละ 30 เซนติเมตร ทั้งความยาวและความกว้าง ลักษณะ ความเสียหาย และวิธีวัดพื้นที่ ที่เสียหายแสดงดังภาพที่ 7 ซึ่งวิธีการคำนวณพื้นที่ความเสียหายรายละเอียดดังนี้

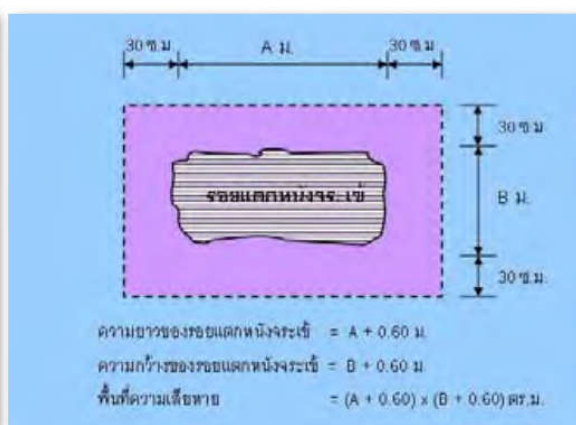
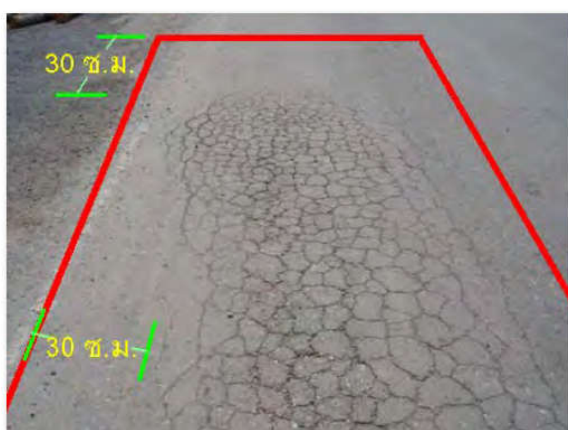
ผิวทางมีรอยแตกหนังจระเข้ยาว A เมตร

ดังนั้นด้านยาวของพื้นที่เท่ากับ $A + 0.6$ เมตร

ผิวทางมีรอยแตกหนังจระเข้กว้าง B เมตร

ดังนั้นด้านกว้างของพื้นที่เท่ากับ $B + 0.6$ เมตร

$$\begin{aligned} \text{พื้นที่ความเสียหาย} &= \text{ความยาว} \times \text{ความกว้าง} \\ &= (A + 0.6) \times (B + 0.6) \text{ ตารางเมตร} \end{aligned}$$



ภาพที่ 2. 7 ลักษณะและประเมินความเสียหายของความเสียหายประเภทรอยแตกหนังจระเข้

2.1.7 รอยแตกตามแนวยาวและขวางถนน (Reflection Cracks)

รอยแตกตามแนวยาวและขวางถนน (Reflection Cracks) เป็นความเสียหายรูปแบบหนึ่งของ ความเสียหายที่เรียกว่า การแตกร้าว (Cracks) ซึ่งมีสภาพการแตกเป็นร่องตามแนวยาวและขวางถนน

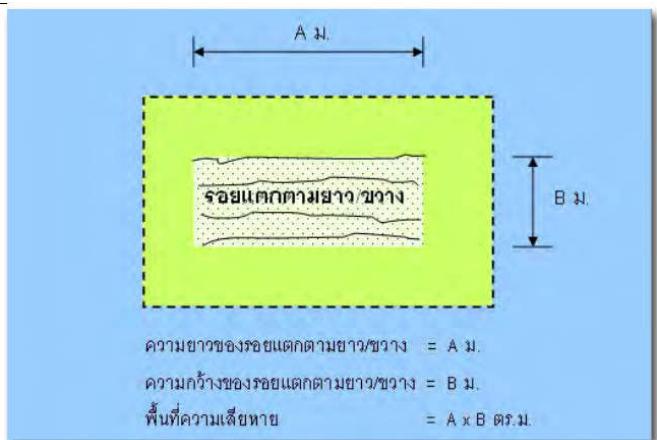
สาเหตุ มักตรวจพบในกรณีที่มีการปูผิวแอสฟัลต์บนผิวทางลาดยางเดิม เกิดจากการขยาย หรือหดตัวไม่เท่ากันของชั้นโครงสร้างทางเดิม และผิวแอสฟัลต์ที่ปูใหม่

ประเมินความเสียหาย ของความเสียหายลักษณะนี้สามารถทำการวัดในลักษณะพื้นที่สี่เหลี่ยมรอบบริเวณที่เสียหายหน่วยเป็นตารางเมตร โดยความ ยาวของรอยแตกตามยาว/ขวาง เท่ากับ A เมตร และความกว้างของรอยแตกตามยาว/ขวางเท่ากับ B เมตร และวัดความ กว้างของรอยแตกเป็นมิลลิเมตร ลักษณะความเสียหาย และวิธีวัดพื้นที่เสียหาย แสดงดังภาพที่ 2.10 ซึ่งวิธีการ คำนวณพื้นที่ความเสียหายรายละเอียดดังนี้

รอยแตกตามแนวยาว/ขวางถนนมีความยาว A เมตร

รอยแตกตามแนวยาว/ขวางถนนมีความกว้าง B เมตร

$$\begin{aligned} \text{พื้นที่ความเสียหาย} &= \text{ความยาว} \times \text{ความกว้าง} \\ &= AB \text{ ตารางเมตร} \end{aligned}$$



ภาพที่ 2. 8 ลักษณะและประเมินความเสียหายของความเสียหายประเภทรอยแตกตามแนวยาวและขวาง

ลักษณะความเสียหายที่กล่าวมาข้างต้นนั้น ส่งผลกระทบต่อความมั่นคงแข็งแรงของถนนในระดับที่ แตกต่างกันโดยสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

1. ความเสียหายหนัก คือ ความเสียหายที่ก่อให้เกิดความเสียหายลึกลงไปถึงชั้นโครงสร้างทาง
2. ความเสียหายเบา คือ ความเสียหายที่เกิดเฉพาะที่ชั้นผิวทาง ยังไม่ส่งผลความเสียหายไปยังชั้นโครงสร้างทาง

สามารถจำแนกลักษณะความเสียหาย ตามกลุ่มผลกระทบที่เกิดขึ้นได้ดังนี้

ตารางที่ 2.1 หลักเกณฑ์พิจารณาจัดกลุ่มตามประเภทความเสียหายผิวทาง

ประเภทความเสียหาย	ความเสียหาย หนัก	ความ เสียหายเบา	หมายเหตุ
1. ผิวทางหลุดร่อน		✓	จัดเป็นความเสียหายเบาเท่านั้น
2. รอยปะซ่อม		✓	จัดเป็นความเสียหายเบาเท่านั้น
3. หลุมบ่อ	✓		จัดเป็นความเสียหายหนักเท่านั้น
4. ยุกตัวเป็นแอ่ง	✓		จัดเป็นความเสียหายหนักเท่านั้น
5. ร่องล้อ	✓	✓	ความเสียหายหนัก - ความลึกร่องล้อ > 2.5 ซม. ความเสียหายเบา - ความลึกร่องล้อ ≤ 2.5 ซม.
6. รอยแตกหนึ่งจระเข้	✓	✓	ความเสียหายหนัก - รอยแตกต่อเนื่อง > 5 ตร.ม. ความเสียหายเบา - รอยแตกต่อเนื่อง ≤ 5 ตร.ม.
7. รอยแตกตามยาว / ขวาง	✓	✓	ความเสียหายหนัก - รอยแตกกว้าง > 5 มม. ความเสียหายเบา - รอยแตกกว้าง ≤ 5 มม.

2.2 หลักการในการซ่อมแซมถนน (กรมทางหลวงชนบท, 2555)

2.2.1 การขุดซ่อมผิวทาง (Deep Patching) หรือ การก่อสร้างใหม่ (Reconstruction)

การขุดซ่อมผิวทาง (Deep Patching) คือ การซ่อมแซมความเสียหายของถนนที่ความเสียหายเกิดขึ้นในระดับที่ลึกกว่าชั้นผิวทาง ดังนั้นจึงต้องขุดลงไปซ่อมแซมชั้นทางที่ได้รับความเสียหายก่อน จากนั้นจึงจะทำการปูหรือปิดทับด้วยผิวทางแอสฟัลต์ เพื่อคืนสภาพโครงสร้างชั้นทาง และป้องกันความเสียหายของชั้นโครงสร้างทาง ไม่ให้เกิดความเสียหายลุกลามเพิ่มมากขึ้นและเป็นการซ่อมแบบถาวรเพื่อแก้ไขปรับปรุงให้โครงสร้างถนนกลับมามีความคงทนแข็งแรงดังเดิม หากพบว่ามีความเสียหายเป็นบริเวณกว้างและมีความต่อเนื่องกันเป็นระยะทางยาว อาจพิจารณาทำการก่อสร้างสร้างใหม่ (Reconstruction) โดยการรื้อผิวจราจร และชั้นทางเดิมที่ชำรุดออกทั้งหมด แล้วทำการก่อสร้างชั้นทางใหม่ จากนั้นปูหรือปิดทับด้วยผิวแอสฟัลต์

2.2.1.1 วัสดุที่ใช้สำหรับการซ่อมแซมโดยวิธีการขุดซ่อมผิวทาง

1. วัสดุแอสฟัลต์สำหรับ Tack Coat ทำหน้าที่เชื่อมประสานขอบผิวทางเดิมกับวัสดุผิวทางแอสฟัลต์ (Premix) โดยจะใช้แอสฟัลต์ชนิดเหลวประเภทเช็ดตัวเร็ว สามารถใช้ได้ทั้งคัตแบก แอสฟัลต์ (RC) หรือ แอสฟัลต์อิมัลชัน (CRS)
2. วัสดุแอสฟัลต์สำหรับ Prime Coat ทำหน้าที่เชื่อมประสานพื้นทางกับวัสดุผิวทาง แอสฟัลต์ (Premix) โดยจะใช้แอสฟัลต์ชนิดเหลวประเภทเช็ดตัวปานกลาง สามารถใช้ได้ทั้งคัตแบก แอสฟัลต์ (MC) หรือ แอสฟัลต์อิมัลชัน (CSS)
3. วัสดุสำหรับก่อสร้างชั้นผิวทางแอสฟัลต์ การปูผิวทางแอสฟัลต์จะใช้วัสดุผสมเสร็จ (Premix) ที่ได้จากการนำเอาวัสดุมวลรวม (Aggregate) มาผสมกับแอสฟัลต์ ซึ่งสามารถเลือกใช้ได้ 3 ชนิด คือ
 - 1) Premix ชนิดผสมร้อน (Hot Mix) ที่ได้จากการผสมร้อนระหว่างวัสดุมวลรวม กับแอสฟัลต์ซีเมนต์
 - 2) Premix ชนิดผสมเย็น (Cold Mix) ที่ได้จากการผสมระหว่างวัสดุมวลรวม กับแอสฟัลต์อิมัลชัน
 - 3) Premix ชนิดผสมเย็น (Cold Mix) ที่ได้จากการผสมระหว่างวัสดุมวลรวม กับคัตแบกแอสฟัลต์
4. วัสดุสำหรับก่อสร้างชั้นทางเป็นไปตามมาตรฐานของชั้นทางนั้น

2.2.1.2 เครื่องมือและเครื่องจักรโดยวิธีการขุดซ่อมผิวทาง

1. เครื่องจักรและเครื่องมือสำหรับตัดรอยต่อ ได้แก่ เครื่องมือตัดรอยต่อ เครื่องเจาะ ขุดผิวทางและชั้นทาง เป็นต้น
2. เครื่องจักรและเครื่องมือสำหรับเตรียมและทำความสะอาดพื้นที่ ได้แก่ เครื่องกวาดฝุ่น เครื่องเป่าลม รถไม้กวาด รถบรรทุกน้ำ ไม้กวาด เป็นต้น
3. เครื่องจักรและเครื่องมือสำหรับผสมวัสดุมวลรวมกับแอสฟัลต์ (ส่วนใหญ่ผสมมาจากโรงงานผสมแอสฟัลต์คอนกรีตที่ใกล้ที่สุด โดยมีระยะขนส่งไม่เกิน 80 กิโลเมตร หรือใช้ระยะเวลาในการขนส่งไม่

เกิน 2 ชั่วโมง)

4. เครื่องจักรและเครื่องมือสำหรับพ่นแอสฟัลต์ ได้แก่ เครื่องพ่นแอสฟัลต์ (Asphalt Distributor) เตาต้มยางพร้อม Hand Spray เป็นต้น
5. เครื่องจักรและเครื่องมือสำหรับปูส่วนผสม ได้แก่ เครื่องปู (Paver or Finisher) รถเกลี่ยปรับระดับ (Motor Grader) พลั่วและคราด เป็นต้น
6. เครื่องจักรและเครื่องมือสำหรับบดทับ ได้แก่ รถบดล้อเหล็ก 2 ล้อ (Static SteelWheeled Tandem Roller) รถบดล้อยาง (Pneumatic - Tired Roller) รถบดสั่นสะเทือน (Vibratory Roller) รถบดล้อเหล็กขนาดเบา หรือรถบดสั่นสะเทือนขนาดเบา (Frog Jump) เครื่องมือกระทบ (Hand Tamper) เป็นต้น
7. เครื่องมือประกอบ ได้แก่ ไม้บรรทัดวัดความเรียบ (Straightedge) ไม้กวาด พลั่ว อีเตอร์ การาดยาง ไม้รีดยาง แท้ข้าง กรวยยาง เชือก แปรง เป็นต้น

2.2.1.3 ขั้นตอนการดำเนินการซ่อมแซมโดยวิธีการซ่อมผิวทาง

1. การเตรียมพื้นที่และวัสดุ ก่อนดำเนินการซ่อม ให้ดำเนินการดังนี้
 - 1) กำหนดพื้นที่ ที่จะทำการซ่อม โดยการขีดเป็นกรอบรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า หรือสี่เหลี่ยมจัตุรัสให้ครอบคลุมความเสียหายที่ต้องการซ่อมและให้ล้ำเข้าไปในส่วนที่ยังดีอยู่ อย่างน้อย 30 เซนติเมตร เพื่อป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้นอีกหลังการซ่อม เนื่องจากวัสดุที่ บริเวณขอบของความเสียหายนั้น ความจริงเริ่มเสียหายแล้วแต่ยังไม่ปรากฏความเสียหายให้เห็นอย่างชัดเจน
 - 2) เลื่อยตัดผิวทางตามรอยเส้นกรอบ ให้ผิวทางแยกขาดจากกัน
2. การขุดรื้อผิวทาง ให้ดำเนินการดังนี้
 - 1) ขุด สกัด รื้อเอาผิวทาง และวัสดุชั้นทางที่ชำรุดเสียหายในบริเวณที่ขุดซ่อม ออกให้ลึกมากที่สุดเท่าที่จำเป็นจนถึงชั้นทางที่มีความแน่นแข็ง แต่งขอบผิวทาง และขอบหลุมที่ขุดให้ขอบมีความเรียบในลักษณะตั้งฉากกับผิวทาง และชั้นทางเดิม ทำความสะอาดกันหลุม และนำเศษผิวทางวัสดุชั้นทางที่หลุดร่วนออกจากพื้นที่งานขุด
 - 2) ใช้เครื่องบดสั่นสะเทือนควบคู่กับการปรับเกลี่ยกันหลุม เพื่อบดทับดินกันหลุมให้มีความแน่นและมีความราบเรียบเสมอกัน
3. การก่อสร้างชั้นทางกลับคืน ให้ดำเนินการดังนี้
 - 1) นำวัสดุชั้นทางที่ได้มาตรฐานและมีความชื้นพอเหมาะมาดำเนินการก่อสร้าง ชั้นทางต่างๆ กลับคืนตามโครงสร้างชั้นทางเดิม ตามมาตรฐานวิธีการก่อสร้างของวัสดุชั้นทางนั้น ๆ ทำการก่อสร้างจนถึงระดับชั้นพื้นทางจนเรียบร้อย อาจจะเลือกใช้วัสดุชั้นทางที่มีคุณภาพดีกว่าวัสดุ ชั้นทางเดิมมาใช้แทนก็ได้
 - 2) ทำการ Prime Coat บนพื้นทางที่เดิมลงไปใหม่ และ Tack Coat ขอบหลุมทุกด้าน
4. การก่อสร้างชั้นผิวทางกลับคืน ให้ดำเนินการดังนี้

- 1) ปู Premix ด้วยเครื่องปู หรือรถเกลี่ยปรับระดับ หรือเกลี่ยปรับด้วยแรงคน บนพื้นที่ที่ได้ทำการ Prime Coat หรือ Tack Coat ไว้แล้วนั้น โดยให้พิจารณาถึงขนาด และความเหมาะสมของพื้นที่ที่จะทำการขุดซ่อม แต่สิ่งที่ควรคำนึงถึงคือ Premix ที่ปูจะต้องมีความ สม่ำเสมอทั้งปริมาณและขนาดคละตลอดทั้งหลุม
- 2) การเกลี่ยแต่งวัสดุ Premix ต้องพยายามเกลี่ยแต่งให้เรียบและต้องเผื่อความสูงไว้เล็กน้อยเพื่อว่าเมื่อบดทับจนได้ความแน่นตามต้องการแล้ว ส่วนผสม Premix ใหม่และ ผิวทางเดิมจะเรียบเสมอกันพอดี
- 3) การบดทับผิวทาง โดยเลือกใช้เครื่องจักรบดทับชนิดต่างๆ ตามขนาดและ ความเหมาะสมของพื้นที่ที่จะทำการขุดซ่อม การบดทับแบ่งเป็น 3 กรณี และมีขั้นตอนการดำเนินการ ดังนี้
กรณีที่ 1 การบดทับ Premix ชนิดผสมร้อน

- (1) บดทับขั้นต้น (Initial Breakdown Rolling) ด้วยรถบด ล้อเหล็กหรือรถบด ล้อสะเทือน 1 เที่ยว
- (2) ตรวจสอบระดับและความเรียบของผิวทางด้วยไม้บรรทัด วัดความเรียบ หากต้องเสริมแต่งปรับระดับใหม่ให้ดำเนินการต่อเนื่องทันที แล้วบดทับขั้นต้นใหม่
- (3) บดทับต่อด้วยการบดทับชั้นกลาง (Intermediate Rolling) ด้วยรถบดล้อยาง ประมาณ 6-10 เที่ยว
- (4) บดทับขั้นสุดท้าย (Finish Rolling) ด้วยรถบดล้อเหล็ก โดยไม่สั่นสะเทือน จนได้ผิวทางที่เรียบและแน่นได้ระดับที่ต้องการ

กรณีที่ 2 การบดทับสำหรับ Premix ชนิดผสมเย็น

- (1) ดำเนินการบดทับขั้นต้น ด้วยรถบดล้อเหล็กหรือรถบด ล้อสะเทือน
- (2) ตรวจสอบระดับและความเรียบของผิวทางด้วยไม้บรรทัด วัดความเรียบ หากต้องเสริมแต่งปรับระดับใหม่ให้ดำเนินการต่อเนื่องทันที แล้วบดทับขั้นต้นจนครบ 2-4 เที่ยว
- (3) ใช้หินฝุ่นแห้ง สาดเกลี่ยให้สม่ำเสมอทับหน้าในอัตรา 2-4 กิโลกรัมต่อตารางเมตร
- (4) บดทับชั้นกลางด้วยรถบดล้อยางประมาณ 6-10 เที่ยว
- (5) บดทับขั้นสุดท้ายด้วยรถบดล้อเหล็ก โดยไม่สั่นสะเทือน จนได้ผิวทางที่เรียบและแน่นได้ระดับที่ต้องการ

กรณีที่ 3 การบดทับสำหรับงานขุดซ่อมขนาดเล็ก ที่ไม่สามารถใช้ เครื่องจักรบดทับขนาดใหญ่ได้ ให้พิจารณาใช้เครื่องจักรและรูปแบบการบดทับ ตามดุลยพินิจของ ผู้ปฏิบัติงาน แต่ทั้งนี้ต้องพยายามให้เป็นไปตามรูปแบบการบดทับตาม กรณีที่ 1 หรือ กรณีที่ 2 ให้ได้มากที่สุด และสิ่งสำคัญที่สุดคือ วัสดุ Premix ที่บดทับแล้วต้องเรียบ ได้ระดับ และมีความแน่น ตามข้อกำหนด

2.2.2 การเสริมผิวทางแอสฟัลติกคอนกรีต (Asphaltic Concrete Overlay)

การเสริมผิวทางแอสฟัลติกคอนกรีต (Asphaltic Concrete Overlay) คือ การซ่อมแซม ถนนเดิมโดยการเสริมผิวทางแอสฟัลติกคอนกรีตบนผิวทางเดิม เพื่อแก้ไขผิวทางเดิม ได้แก่ การปรับแก้รูปทรงทางเลหาคณิตให้ได้ตามมาตรฐาน เช่น ความลาดเอียงตามขวางและตามยาว (Crown - Slope and Profile - Grade) รูปตัด (Cross - Section) ของถนน ปรับปรุงความราบเรียบของการขับขี่ (Ride Smoothness) ปรับปรุงผิวทางที่ทรุดตัวเป็นแอ่ง (Depression) ร่องล้อ (Rutting) หรือผิวทางหลุดร่อน (Raveling) ปรับปรุงเพิ่มความฝืดของผิวทาง (Skid Resistance) และเสริมความแข็งแรงให้กับโครงสร้างของถนนเดิม ซึ่งเป็นการยืดอายุการใช้งานให้กับถนน

2.2.2.1 วัสดุที่ใช้สำหรับการซ่อมแซมโดยวิธีการเสริมผิวทางแอสฟัลติกคอนกรีต

1. วัสดุสำหรับ Tack Coat ซึ่งทำหน้าที่เชื่อมประสานผิวทางเดิมกับวัสดุผิวทาง แอสฟัลต์ (Premix) ที่จะปูเสริมทับลงไป สามารถใช้ได้ทั้งคัตแบกแอสฟัลต์ (RC) หรือแอสฟัลต์ อิมัลชัน (CRS)
2. วัสดุผิวทางแอสฟัลต์ (Premix) สำหรับการเสริมผิวทาง โดยทั่วไปจะใช้วัสดุ ผสมเสร็จ ที่ได้จากการนำวัสดุมวลรวม ผสมกับแอสฟัลต์ ซึ่งสามารถเลือกได้ 2 ชนิดคือ
 - 1) วัสดุผิวทางแอสฟัลต์ชนิดร้อน (Hot mix) ที่ได้จากการผสมร้อนระหว่าง วัสดุมวลรวมกับแอสฟัลต์ซีเมนต์
 - 2) วัสดุผิวทางแอสฟัลต์ชนิดเย็น (Cold mix) ที่ได้จากการผสมระหว่างวัสดุ มวลรวมกับแอสฟัลต์ อิมัลชัน

2.2.2.2 เครื่องมือและเครื่องจักรที่ใช้สำหรับการซ่อมแซมโดยวิธีการเสริมผิวทางแอสฟัลติกคอนกรีต

1. เครื่องจักรและเครื่องมือสำหรับตัดรอยต่อ ได้แก่ เครื่องมือตัดรอยต่อ เครื่องเจาะ ขุดผิวทางและชั้นทางเป็นต้น
2. เครื่องจักรและเครื่องมือสำหรับเตรียมและทำความสะอาดพื้นที่ ได้แก่ เครื่องกวาดฝุ่น เครื่องเป่าลม รถบรรทุกน้ำ ไม่กวาด เป็นต้น
3. เครื่องจักรและเครื่องมือสำหรับผสมวัสดุมวลรวมกับแอสฟัลต์ (ส่วนใหญ่ผสมมาจากโรงงานผสมแอสฟัลต์คอนกรีตที่ใกล้ที่สุด โดยมีระยะขนส่งไม่เกิน 80 กิโลเมตร หรือใช้ระยะเวลาในการขนส่งไม่เกิน 2 ชั่วโมง)
4. เครื่องจักรและเครื่องมือสำหรับพ่นแอสฟัลต์ ได้แก่ เครื่องพ่นแอสฟัลต์ (Asphalt Distributor) เตาต้มยางพร้อม Hand Spray เป็นต้น
5. เครื่องจักรและเครื่องมือสำหรับปูส่วนผสม ได้แก่ เครื่องปู (Paver or Finisher) รถเกลี่ยปรับระดับ (Motor Grader) พลั่วและคราด เป็นต้น
6. เครื่องจักรและเครื่องมือสำหรับบดทับ ได้แก่ รถบดล้อเหล็ก 2 ล้อ (Static SteelWheeled Tandem Roller) รถบดล้อยาง (Pneumatic-Tired Roller) รถบดสั่นสะเทือน (Vibratory Roller) รถบดล้อ

เหล็กขนาดเบา หรือรถบดสันสะเทือนขนาดเบา (Frog Jump) เครื่องมือกระทุ้ง (Hand Tamper) เป็นต้น

7. เครื่องมือประกอบ ได้แก่ ไม้บรรทัดวัดความเรียบ (Straightedge) ไม้กวาด พลั่ว อีเตอร์ การาดยาง ไม้รีดยาง เท้าช้าง กรวยยาง เชือก แปรง เป็นต้น

2.2.2.3 ขั้นตอนการดำเนินการซ่อมแซมด้วยวิธีการเสริมผิวทางแอสฟัลติกคอนกรีต

1. การแก้ไขข้อบกพร่องของผิวทางเดิม ดำเนินการดังนี้
 - 1) สำรวจ และกำหนดตำแหน่งพื้นที่ความเสียหายบนถนนเดิมที่อยู่ในขอบเขตการดำเนินงานในการเสริมผิวทางแอสฟัลติกคอนกรีต
 - 2) แก้ไขความเสียหายก่อนดำเนินการปูเสริมด้วยผิวทางแอสฟัลต์โดยพิจารณา ตามลักษณะความเสียหายดังนี้
 - (1) หากผิวทางเดิมมีพื้นที่อ่อนตัว ให้ทำการซ่อมพื้นที่นั้นก่อน โดยวิธีการขุดซ่อมผิวทาง (Deep Patching)
 - (2) หากผิวทางเดิมมีการทรุดตัวเป็นแอ่ง (Depression) หรือร่องล้อ (Rutting) ให้ทำการปูผิวเพื่อปรับระดับเฉพาะแอ่งหรือร่องล้อนั้นก่อน โดยก่อนทำการปรับระดับต้องทำความสะอาด และ Tack Coat บนผิวทางเดิมส่วนที่เป็นแอ่งหรือร่องล้อ แล้วจึงทำการปูผิว ปรับระดับ ซึ่งอาจจะต้องทำการปูผิวปรับระดับหลายชั้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความลึกของการทรุดตัวและ ร่องล้อนั้น โดยให้ปูผิวปรับระดับเป็นชั้นๆ หนาไม่เกินชั้นละ 5 เซนติเมตร และบดทับแต่ละชั้นด้วย รถบดล้อยาง หรือรถบดล้อเหล็กจนได้ความแน่นตามต้องการ
 - (3) หากผิวทางเดิมปูคูน ให้ขุดไสผิวส่วนปูคูนนั้นออกทั้งเสีย
2. การเตรียมพื้นที่หลังจากที่ได้ดำเนินการแก้ไขความเสียหายผิวทางเดิมเรียบร้อยแล้ว ให้ดำเนินการดังนี้
 - 1) ทำความสะอาดพื้นที่ทั้งหมดที่อยู่ในขอบเขตของการเสริมผิวทางให้สะอาด โดยเครื่องกวาดฝุ่น เครื่องเป่าลม หรือไม้กวาด เพื่อกวาด เป่า เศษวัสดุที่ไม่จับแน่น หรือคราบดิน ออกให้หมด ในกรณีที่คราบดินฝังแน่น อาจใช้น้ำฉีดล้างทำความสะอาด แล้วใช้เครื่องเป่าลมเป่าให้แห้ง
 - 2) ทำการ Tack Coat ผิวทางเดิม ในขอบเขตพื้นที่ทั้งหมดที่กำหนด หลังจากทำความสะอาดพื้นที่นั้นเรียบร้อยแล้ว
3. การเสริมผิวทางเดิมด้วยแอสฟัลต์ให้ดำเนินการดังนี้
 - 1) ปูแอสฟัลต์ผสมเสร็จด้วยเครื่องปู หรือรถเกลี่ยปรับระดับ หรือเกลี่ยปรับ ระดับด้วยแรงคน โดยให้พิจารณาถึงขนาดและความเหมาะสมของพื้นที่ ภายหลังการปูแอสฟัลต์ ผสมเสร็จแล้วพื้นผิวต้องมีความเรียบสม่ำเสมอ และได้ระดับที่ต้องการ
 - 2) บดทับผิวทาง โดยเลือกใช้เครื่องจักรบดทับชนิดต่างๆ ตามขนาดและ ความเหมาะสมของพื้นที่ที่จะทำการปูเสริมผิวทางแอสฟัลต์ ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 กรณี และมีขั้นตอน การดำเนินงานดังนี้

กรณีที่ 1 การบดทับแอสฟัลต์ผสมเสร็จชนิดผสมร้อน (Hot mix)

- (1) บดทับชั้นต้น (Initial or Breakdown Rolling) ด้วยรถบดล้อเหล็ก หรือรถบดสั่นสะเทือนจำนวน 1 เที่ยว
- (2) ตรวจสอบระดับและความเรียบของผิวทางด้วยไม้บรรทัด วัดความเรียบ หากต้องการปรับระดับใหม่ให้ดำเนินการต่อเนื่องในพื้นที่ ให้บดทับชั้นต้นใหม่
- (3) บดทับด้วยการบดชั้นกลาง (Intermediate Rolling) ด้วย รถบดล้อยาง ประมาณ 6-10 ยาง
- (4) บดทับชั้นสุดท้าย (Finish Rolling) ด้วยรถบดล้อเหล็ก ไม่สั่นสะเทือนจนได้ความเรียบและแน่น ได้ระดับตามความต้องการ

กรณีที่ 2 การบดทับแอสฟัลต์ผสมเสร็จชนิดผสมเย็น (Cold Mix)

- (1) บดทับชั้นต้น (Initial or Breakdown Rolling) ด้วยรถบดล้อเหล็ก หรือรถบดสั่นสะเทือน
- (2) ตรวจสอบระดับ และความเรียบของผิวทางด้วยไม้บรรทัดวัดความเรียบ หากต้องการปรับระดับใหม่ให้ดำเนินการต่อเนื่องในพื้นที่ โดยให้บดทับชั้นต้นใหม่ ประมาณ 2-4 เที่ยว
- (3) ใช้หินฝุ่นแห้ง สาดเกลี่ยให้สม่ำเสมอทับหน้าในอัตรา 2-4 กิโลกรัมต่อตารางเมตร
- (4) บดทับด้วยการบดชั้นกลาง (Intermediate Rolling) ด้วยรถบดล้อยาง ประมาณ 6-10 ยาง
- (5) บดทับชั้นสุดท้าย (Finish Rolling) ด้วยรถบดล้อเหล็กไม่สั่นสะเทือน จนได้ความเรียบ และแน่น ได้ระดับตามความต้องการ
- (6) ราดแอสฟัลต์เพื่ออุดช่องว่างระหว่างหินฝุ่นแห้ง
- (7) สาดหินฝุ่นนก่อนเปิดการจราจร

2.3 หลักการคิดราคาต้นทุนการก่อสร้างงานทาง

ตามกรมบัญชีกลาง กระทรวงการคลัง ได้กำหนดหลักเกณฑ์และวิธีการคำนวณราคากลางงานก่อสร้างทาง สะพาน และท่อเหลี่ยมนั้น กำหนดให้ใช้วิธีการคำนวณค่างานต่อหน่วย (Unit Cost) สำหรับงานแต่ละรายการการก่อสร้าง ตามหลักเกณฑ์และวิธีการคำนวณค่างานต้นทุนต่อหน่วย เมื่อหาค่างานต้นทุน (ราคาทุน) ของงานทุกรายการแล้ว สามารถนำไปใช้ประกอบการประมาณการค่าก่อสร้างงานทางได้ จากสมการ

$$\text{ค่างาน} = \text{ค่างานต้นทุนต่อหน่วย} \times \text{ปริมาณงาน}$$

ในการคำนวณค่างานต้นทุนต่อหน่วย จำเป็นต้องทำการศึกษา ทำความเข้าใจ และสามารถนำหลักเกณฑ์ แนวทาง วิธีปฏิบัติ รวมทั้งข้อมูลต่าง ๆ มาใช้ในการดำเนินการได้อย่างถูกต้อง โดยกรมบัญชีกลางได้จัดทำหลักเกณฑ์ แนวทาง และวิธีปฏิบัติเพื่อใช้ในการคำนวณค่างานต้นทุนต่อหน่วย ดังนี้

- 1) หลักเกณฑ์การประเมินราคาต้นทุนต่อหน่วย (คณะกรรมการราคากลางก่อสร้าง, 2560)
- 2) แบบสรุปข้อมูลวัสดุ และค่าดำเนินการ ซึ่งจัดทำขึ้น ตาม“แบบสรุปข้อมูลวัสดุ และค่าดำเนินการงานก่อสร้างทาง สะพาน และท่อเหลี่ยม”
- 3) ข้อกำหนดเกี่ยวกับราคา และแหล่งวัสดุก่อสร้าง (กองดัชนีเศรษฐกิจการค้า สำนักงานนโยบายและยุทธศาสตร์การค้า กระทรวงพาณิชย์, 2562)
- 4) ตารางค่าดำเนินการ และค่าเสื่อมราคา (Operating Cost) (กรมบัญชีกลาง กระทรวงการคลัง, 2558)
- 5) ตาราง และหลักเกณฑ์การคำนวณค่าขนส่ง (คณะกรรมการราคากลางก่อสร้าง, 2560)
- 6) บัญชีค่าแรงงาน/ดำเนินการสำหรับการถอดแบบคำนวณราคากลางงานก่อสร้าง (กรมบัญชีกลาง กระทรวงการคลัง, 2558)

การสรุปรายการค่างานต้นทุนต่อหน่วยนั้น จะสรุปในรูปของบัญชีแสดงรายการก่อสร้างสำหรับงานก่อสร้างทาง สะพาน และท่อเหลี่ยม ในลักษณะของการรวบรวมรายการงานก่อสร้างต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการก่อสร้างทาง สะพาน และท่อเหลี่ยม ซึ่งได้กำหนดและรวมรายการงานก่อสร้างต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการก่อสร้างทาง สะพาน และท่อเหลี่ยม ไว้เป็นกลุ่ม รวมทั้งสิ้น 7 กลุ่ม ได้แก่

1. งานรื้อโครงสร้างถนนเดิม (Removal of Existing Structures)
2. งานดิน (Earthwork)
3. งานรองพื้นทางและพื้นทาง (Subbase and Base Courses)
4. งานผิวทาง (Surface Courses)
5. งานโครงสร้าง (Structures)
6. งานเบ็ดเตล็ด (Miscellaneous)
7. งานจัดการเครื่องหมายจราจรระหว่างการก่อสร้าง (Traffic Management during Construction)

2.3.1 สูตรสำหรับคำนวณค่างานต้นทุนต่อหน่วย

ด้วยงานวิเคราะห์นี้ มีขอบเขตในการพิจารณาดำเนินการก่อสร้างถนนลาดยาง ดังนั้นจึงเลือกใช้งานเฉพาะรายการคำนวณค่างานต้นทุนต่อหน่วยที่เกี่ยวข้องกับการก่อสร้างถนนลาดยาง ทั้งส่วนขั้นตอนของการก่อสร้างใหม่ และการปรับปรุงเสริมผิวทาง โดยมีรายการ และหน่วยที่ใช้ในการวัดปริมาณงาน ดังนี้

ตารางที่ 2.2 รายการ และหน่วยที่ใช้ในการวัดปริมาณงานก่อสร้างทาง

ลำดับที่	รายการงานก่อสร้าง (DESCRIPTION)	หน่วยวัด	หมายเหตุ (REMARK)
1	งานรื้อโครงสร้างถนนเดิม (REMOVAL OF EXISTING STRUCTURES)		
1.1	งานรื้อผิวลาดยางเดิม	ตร.ม.	
	(REMOVAL OF EXISTING ASPHALT CONCRETE SURFACE)	SQ.M	
1.2	งานรื้อผิวคอนกรีตเดิม	ตร.ม.	
	(REMOVAL OF EXISTING CONCRETE PAVEMENT)	SQ.M	
2	งานดิน (EARTHWORK)		
2.1	งานถางป่าและขุดตอ (CLEARING AND GRUBBING)		
	2.1(1) งานถางป่าและขุดตอ ขนาดเบา	ตร.ม.	
	(CLEARING AND GRUBBING)	SQ.M	
	2.1(2) งานถางป่าและขุดตอ ขนาดกลาง	ตร.ม.	
	(CLEARING AND GRUBBING)	SQ.M	
	2.1(3) งานถางป่าและขุดตอ ขนาดหนัก	ตร.ม.	
	(CLEARING AND GRUBBING)	SQ.M	
2.2	งานตัดคันทาง (ROADWAY EXCAVATION)		
	2.2(1) งานตัดดิน	ลบ.ม.	
	(EARTH EXCAVATION)	CU.M.	
	2.2(2) งานตัดหินผุ	ลบ.ม.	
	(SOFT ROCK EXCAVATION)	CU.M.	
	2.2(3) งานตัดหินแข็ง	ลบ.ม.	
	(HARD ROCK EXCAVATION)	CU.M.	
	2.2(4) งานขุดวัสดุไม่เหมาะสม	ลบ.ม.	
	(UNSUITABLE MATERIAL EXCAVATION)	CU.M.	
	2.2(5) งานขุดบริเวณดินอ่อน (เฉพาะงานขุด)	ลบ.ม.	
	(SOFT MATERIAL EXCAVATION (EXCAVATION ONLY))	CU.M.	
2.3	งานดินคันทาง (EMBANKMENT)		
	2.3(1) งานดินถมคันทาง	ลบ.ม.	
	(EARTH EMBANKMENT)	CU.M.	
	2.3(2) งานทรายถมคันทาง	ลบ.ม.	
	(SAND EMBANKMENT)	CU.M.	
2.4	งานวัสดุคัดเลือก (SELECTED MATERIALS)		
	2.4(1) งานวัสดุคัดเลือก ก	ลบ.ม.	
	(SELECTED MATERIAL A)	CU.M.	
	2.4(2) งานวัสดุคัดเลือก ข	ลบ.ม.	
	(SELECTED MATERIAL B)	CU.M.	

ตารางที่ 2.2 รายการ และหน่วยที่ใช้ในการวัดปริมาณงานก่อสร้างทาง (ต่อ)

ลำดับที่	รายการงานก่อสร้าง (DESCRIPTION)	หน่วยวัด	หมายเหตุ (REMARK)
3	งานรองพื้นทางและพื้นทาง (SUBBASE AND BASE COURSES)		
3.1	งานรองพื้นทาง (SUBBASES)		
	3.1(1.1) งานรองพื้นทางวัสดุมวลรวม	ลบ.ม.	
	(SOIL AGGREGATE SUBBASE)	CU.M.	
	3.1(1.2) งานรองพื้นทางวัสดุมวลรวม (กรณีมีการผสมกับวัสดุอื่น)	ลบ.ม.	
	(SOIL AGGREGATE SUBBASE)	CU.M.	
	3.1(2) งานรองพื้นทางดินซีเมนต์	ลบ.ม.	
	(SOIL CEMENT SUBBASE)	CU.M.	
3.2	งานพื้นทาง (BASE COURSES)		
	3.2(1) งานพื้นทางหินคลุก	ลบ.ม.	
	(CRUSHED ROCK SOIL AGGREGATE TYPE BASE)	CU.M.	
	3.2(2) งานพื้นทางกรวดไม้	ลบ.ม.	
	(CRUSHED GRAVEL SOIL AGGREGATE TYPE BASE)	CU.M.	
	3.2(3) งานพื้นทางหินคลุกผสมซีเมนต์	ลบ.ม.	
	(CEMENT MODIFIED CRUSHED ROCK BASE)	CU.M.	
	3.2(4) งานพื้นทางดินซีเมนต์	ลบ.ม.	
	(SOIL CEMENT BASE)	CU.M.	
3.3	งานไหล่ทาง (SHOULDER)		
	3.3(1) งานไหล่ทางวัสดุมวลรวม	ลบ.ม.	
	(SOIL AGGREGATE SHOULDER)	CU.M.	
	3.3(1) งานไหล่ทางวัสดุมวลรวม (กรณีมีการผสมวัสดุอื่น)	ลบ.ม.	
	(SOIL AGGREGATE SHOULDER)	CU.M.	
4	งานผิวทาง (SURFACE COURSES)		
4.1	งานไพรม์โค้ต และแทคโค้ต (PRIME COAT & TACK COAT)		
	4.1(1) งานลาดแอสฟัลต์ไพรม์โค้ต	ตร.ม.	
	(PRIME COAT ดินซีเมนต์หรือหินคลุกซีเมนต์)กรณีใช้ยาง MC-70	SQ.M	
	4.1(1) งานลาดแอสฟัลต์ไพรม์โค้ต	ตร.ม.	
	(PRIME COAT) (พื้นทางหินคลุก)	SQ.M	
	4.1(1) งานลาดแอสฟัลต์ไพรม์โค้ต	ตร.ม.	
	(PRIME COAT ทางดินซีเมนต์หรือหินคลุกซีเมนต์) กรณีใช้ยาง EAP	SQ.M	
	4.1(2) งานลาดแอสฟัลต์แทคโค้ต	ตร.ม.	
	(TACK COAT)	SQ.M	
4.2	งานผิวทางแบบเซอร์เฟซทรีตเมนต์ (SURFACE TREATMENTS)		

ตารางที่ 2.2 รายการ และหน่วยที่ใช้ในการวัดปริมาณงานก่อสร้างทาง (ต่อ)

ลำดับที่	รายการงานก่อสร้าง (DESCRIPTION)	หน่วยวัด	หมายเหตุ (REMARK)
	4.2(1) ผิวทางแบบเซอริเฟสทรีตเมนต์ชั้นเดียว	ตร.ม.	
	(SINGLE SURFACE TREATMENT) (ชั้นเดียว (1/2 "))	SQ.M	
	4.2(1) ผิวทางแบบเซอริเฟสทรีตเมนต์ชั้นเดียว	ตร.ม.	
	(SINGLE SURFACE TREATMENT) (ชั้นเดียว (3/4 "))	SQ.M	
	4.2(2) ผิวทางแบบเซอริเฟสทรีตเมนต์สองชั้น	ตร.ม.	
	(DOUBLE SURFACE TREATMENT); สองชั้น (3/4" + 3/8")	SQ.M	
	4.2(2) ผิวทางแบบเซอริเฟสทรีตเมนต์สองชั้น	ตร.ม.	
	(DOUBLE SURFACE TREATMENT) (สองชั้น (1" + 1/2 "))	SQ.M	
4.4	งานแอสฟัลต์คอนกรีต (ASPHALT CONCRETE)		
	4.4(1) งานปรับระดับด้วยแอสฟัลต์คอนกรีต	ตัน	
	(ASPHALT CONCRETE LEVELLING COURSE แทคโค็ต)	TON	
	4.4(1) งานปรับระดับด้วยแอสฟัลต์คอนกรีต	ตัน	
	(ASPHALT CONCRETE LEVELLING COURSE โพรมโค็ต)	TON	
	4.4(2) งานแอสฟัลต์บาวนด์เบส	ตัน	
	(ASPHALT BOUND BASE)	TON	
	4.4(3) งานชั้นรองผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีต หนา.....ซม.	ตร.ม.	ระบุ ความหนาและหน่วยวัด ปริมาณงานเป็นตารางเมตร
	(ASPHALT CONCRETE BINDER COURSE)	SQ.M	
	4.4(4) งานชั้นผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีต หนา...ซม.	ตร.ม.	ระบุ ความหนาและหน่วยวัด ปริมาณงานเป็นตารางเมตร
	(ASPHALT CONCRETE WEARING COURSE)	SQ.M	
	4.4(5) งานผิวไหล่ทางแอสฟัลต์คอนกรีต	ตร.ม.	ระบุ ความหนาและหน่วยวัด ปริมาณงานเป็นตารางเมตร
	(ASPHALT CONCRETE SHOULDER)	SQ.M	
	4.4(6) งานโมดิไฟด์แอสฟัลต์คอนกรีต หนา...ซม.	ตร.ม.	ระบุ ความหนาและหน่วยวัด ปริมาณงานเป็นตารางเมตร
	(MODIFIED ASPHALT CONCRETE)	SQ.M	
	4.4(8) งาน PARA ASPHALT CONCRETE หนา...ซม.	ตร.ม./ SQ.M	
	4.5 งานแอบผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีต กว้าง...ม.	ตร.ม.	
	(ASPHALT CONCRETE SURFACE EDGE)	SQ.M	
	4.7(7) งาน ผิวทางพาราสเลอรี่ซีลประเภท 3	ตร.ม.	
	(PARA SLURRY SEAL TYPE III)	SQ.M	
7	งานจัดการเครื่องหมายจราจรระหว่างการก่อสร้าง	เหมาจ่าย	
	(TRAFFIC MANAGEMENT DURING CONTRUCTION)	L.S.	

รายละเอียดของการใช้สูตรการคำนวณค่างานต้นทุนต่อหน่วย (กรมบัญชีกลาง กระทรวงการคลัง, 2558)
ตามรายการข้างต้น ได้จัดทำไว้ใน ภาคผนวก ก

2.4 การกำหนดระยะเวลาในการก่อสร้าง

การก่อสร้างถนนตามเทคนิคและวิธีการตามที่ได้มีการศึกษาก่อนหน้านี้ เป็นงานที่มีลักษณะเฉพาะที่มีข้อกำหนดมาตรฐานในการดำเนินการ แต่ละเทคนิคดังที่กล่าวมาแล้วมีความแตกต่างกัน จำแนกได้เป็น 2 ส่วน ได้แก่ การใช้วัสดุ และการใช้เครื่องจักรในการทำงาน ดังแสดงในตารางที่

ตารางที่ 2.3 การใช้วัสดุ และเครื่องจักรในการก่อสร้างถนน

		Dismantle the surface	Base course		Wearing course
			CRB	SCB In place	AC
วัสดุ	วัสดุมวลรวม		✓		✓
	ลูกรัง			✓	
	ซีเมนต์			✓	
	ยางมะตอย				✓
เครื่องจักร	Motor Grader		✓	✓	
	Rubber tyre roller		✓	✓	✓
	Vibrating roller		✓	✓	✓
	Steel wheel roller		✓		✓
	Water Truck		✓	✓	✓
	Power broom				✓
	Air blower				✓
	Asphalt storage tank				✓
	Dump truck	✓	✓	✓	✓
	Asphalt concrete plant				✓
	Asphalt concrete paver				✓
	Excavator	✓			✓
	Cutter	✓			
	Generator				✓

จะเห็นได้ว่าเครื่องจักรมีความจำเป็นอย่างมากในทุกขั้นตอนของการก่อสร้างถนนไม่ว่าจะใช้เทคนิคการก่อสร้างใด ด้วยเหตุนี้ในการประเมินระยะเวลาการก่อสร้างจึงได้มีแนวคิดในการนำอัตราการทำงานของเครื่องจักรแต่ละชนิดมาใช้ในการประมาณการระยะเวลาการก่อสร้าง ในการประมาณการระยะเวลาในการก่อสร้างแต่ละขั้นตอน สามารถหาระยะเวลาการทำงานได้จาก

ระยะเวลาในการทำงาน = ปริมาณงานจากประมาณการ x อัตราการทำงานของเครื่องจักรต่อวัน

เมื่อได้ระยะเวลาตามประเภทเครื่องจักรแล้วให้นำมาเรียบเรียงระยะเวลาตามขั้นตอนการก่อสร้าง จะทำให้ได้ระยะเวลาการก่อสร้างถนน จากนั้นจึงค่อยพิจารณาปัจจัยอื่น ๆ เพื่อเป็นการปรับระยะเวลาการก่อสร้างให้เพียงพอต่อการทำงาน และไม่กระทบต่อกิจกรรมต่าง ๆ ในพื้นที่ อัตราการทำงานของเครื่องจักรต่อวัน สามารถอ้างอิงได้จากหลักเกณฑ์การคำนวณราคากลางงานก่อสร้างทาง สะพาน และท่อเหลี่ยม Operating Cost (กรมทางหลวง, 2550) ดังแสดงในตารางที่

ตารางที่ 2.4 อัตราการทำงานของชุดเครื่องจักรก่อสร้างทาง 1 ชุด

ลำดับ	ลักษณะงาน	ผลงานต่อวัน	หน่วย
1	งานถางป่าขุดต่อ		
	ขนาดเบา	11,000	ตร.ม.
	ขนาดกลาง	11,000	ตร.ม.
	ขนาดหนัก	7,000	ตร.ม.
2	งานตัดคันทาง		
	ดิน	600	ลบ.ม. ธรรมชาติ
	หินผุ	1,100	ลบ.ม. ธรรมชาติ
	หินแข็ง	300	ลบ.ม. ธรรมชาติ
3	งานดินถมคันทาง	600	ลบ.ม. แน่น
4	งานวัสดุคัดเลือก รองพื้นทาง ลูกเรียง	500	ลบ.ม. แน่น
5	งานพื้นทาง หินคลุก	290	ลบ.ม. แน่น
6	งานไหล่ทาง ลูกเรียง หินคลุก	310	ลบ.ม. แน่น
7	งานราดยางไพรม์โค้ด	5,000	ตร.ม.
8	งานราดยางแทคโค้ด	3,500	ตร.ม.
9	งานผิวทางแบบบาง		
	ชั้นเดียว	4,945	ตร.ม.
	สองชั้น	2,730	ตร.ม.
10	งานผิวทางแอสฟัลท์คอนกรีต		
	เครื่องผสมแอสฟัลท์คอนกรีต	430	ตัน
	ปูผิวแอสฟัลท์คอนกรีตหนา 5 เซนติเมตร	3,500	ตร.ม.
11	งานผิวทางคอนกรีตเสริมเหล็ก		
	เครื่องผสมคอนกรีต	175	ลบ.ม.
	ปูผิวคอนกรีตหนา 25 เซนติเมตร	875	ตร.ม.
12	งานพื้นทางวัสดุผสม Stabilizer base	300	ลบ.ม. แน่น

2.5 หลักการหาค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกระบวนการก่อสร้าง

กิจกรรมของการก่อสร้างถนนที่ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ประกอบด้วย

1. การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการได้มาของวัสดุ และการเผาไหม้เชื้อเพลิง

ก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกิจกรรมการผลิต หรือการปรับปรุงวัสดุให้มีคุณสมบัติตามมาตรฐานการก่อสร้างทาง รวมไปถึงอัตราการใช้เชื้อเพลิงในกิจกรรมการก่อสร้างด้วย
2. อัตราการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งวัสดุ

ขึ้นกับปริมาณวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้าง และระยะทางจากแหล่งวัสดุ

การคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสู่ชั้นบรรยากาศจากกิจกรรมการก่อสร้าง จะทำโดยการเปลี่ยนให้อยู่ในรูปของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (Carbon dioxide equivalent, CO₂e) ซึ่งเป็นค่าที่เทียบเท่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีผลทำให้เกิดสภาวะโลกร้อน ซึ่งเป็น 1 ในก๊าซทั้งหมด 6 ชนิดของก๊าซเรือนกระจกที่มีผลทำให้เกิดภาวะโลกร้อน ก๊าซทั้ง 6 ชนิดประกอบด้วย

- (1) ก๊าซมีเทน
- (2) ก๊าซไนตรัสออกไซด์
- (3) ก๊าซไฮโครฟลูออโรคาร์บอน
- (4) ก๊าซเพอร์ฟลูออโรคาร์บอน
- (5) ก๊าซซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์
- (6) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

ส่วนค่าศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน (Globla Warming Potential: GWP) เป็นค่าที่ประเมินจากการวัดหรือการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสู่ชั้นบรรยากาศ โดยการแปลงค่าให้อยู่ในรูปของปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (Carbon dioxide equivalent: CO₂e) โดยอาศัยค่าศักยภาพที่ก่อให้เกิดสภาวะโลกร้อน 100 ปี ของ IPCC (GWP100) โดยปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่านั้นมีแหล่งกำเนิดมาจากกิจกรรมต่าง ๆ ได้แก่

- (1) กระบวนการผลิตวัตถุดิบที่ใช้ทุกประเภท
- (2) กระบวนการผลิตพลังงานทุกประเภท
- (3) กระบวนการเผาไหม้
- (4) ปฏิกิริยาทางเคมี
- (5) การสูญเสียสารทำความเย็นและการรั่วไหลของก๊าซ
- (6) ขั้นตอนการปฏิบัติงาน และการใช้เครื่องจักร
- (7) กระบวนการขนส่งวัสดุจากแหล่งผลิต
- (8) การทำปศุสัตว์และการผลิตทางการเกษตร
- (9) ของเสียและการจัดการของเสีย

การจัดทำข้อมูลการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการก่อสร้างทางต้นแบบที่ได้ทำการศึกษา นั้น คำนวณด้วยสมการ ดังนี้

$$\text{Emission} = \sum_a [\text{AD}_a \times \text{EF}_a]$$

เมื่อ Emission = การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า หรือ kg CO₂e)
 AD_a = ข้อมูลกิจกรรมการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (หน่วยการใช้งาน)
 EF_a = ค่าการปล่อยก๊าซ (kg CO₂e ต่อหน่วยการใช้งาน)
 a = กิจกรรมการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

ในกรณีของการใช้เครื่องจักรในการก่อสร้าง จะเป็นการหาปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้สำหรับเครื่องจักร โดยการประเมินจากสมการ ดังนี้

เชื้อเพลิงที่ใช้ (ลิตร) = ปริมาณงาน x อัตราการทำงานของชุดเครื่องจักรต่อวัน x ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ต่อวันต่อชุด

การคำนวณค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของงานวิเคราะห์นี้ พิจารณาเฉพาะช่วงของการผลิตวัสดุจนนำมาทำการก่อสร้าง โดยไม่รวมการขนส่ง การใช้งาน การบำรุงรักษา โดยทำในลักษณะเปรียบเทียบกันระหว่างกระบวนการซ่อมแซมในลักษณะการก่อสร้างปกติหรือการก่อสร้างใหม่ และการซ่อมแซมในลักษณะของการบูรณะผิวทาง ซึ่งมีกระบวนการและการใช้วัสดุแตกต่างกัน

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิเคราะห์

วิธีดำเนินการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการซ่อมบำรุงถนนภายในมหาวิทยาลัยขอนแก่นด้วยวิธีการเสริมผิวทางแอสฟัลติกคอนกรีต (Asphaltic Concrete Overlay) เป็นการนำข้อมูลในการดำเนินโครงการซ่อมแซมถนนภายในมหาวิทยาลัยขอนแก่นที่ก่อสร้างแล้วเสร็จด้วยวิธีดังกล่าวมาใช้เป็นโครงการต้นแบบ โดยอาศัยข้อมูลด้านการใช้วัสดุ ขั้นตอนการทำงาน และระยะเวลาทำงาน มาวิเคราะห์เปรียบเทียบกับ การก่อสร้างด้วยวิธีการปกติ เพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบการกำหนดแนวทางในการดำเนินงานด้านการซ่อมบำรุงถนนภายในมหาวิทยาลัยขอนแก่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ คุ่มค่า และเกิดประโยชน์สูงสุดต่อมหาวิทยาลัยและผู้ใช้งาน โดยการวิเคราะห์ค่างานต้นทุนของแต่ละวิธี วิเคราะห์ระยะเวลาที่ใช้ในแต่ละขั้นตอนการก่อสร้าง และวิเคราะห์อัตราการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เพื่อให้สอดคล้องกับยุทธศาสตร์ของมหาวิทยาลัย ประเด็นยุทธศาสตร์ที่ 7 สร้างมหาวิทยาลัยให้เป็นที่น่าอยู่ (Great Place to Live) ด้วยกระบวนการก่อสร้างที่มีประสิทธิภาพ คุ่มค่า และรักษาสีสิ่งแวดล้อม โดยมีวิธีดำเนินการวิเคราะห์ ดังนี้

1. ขั้นตอนการดำเนินการ
2. วิธีการวิเคราะห์

3.1 ขั้นตอนการดำเนินการ

ขั้นตอนการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการซ่อมบำรุงถนนภายในมหาวิทยาลัยขอนแก่นด้วยวิธีการเสริมผิวทางแอสฟัลติกคอนกรีต (Asphaltic Concrete Overlay) มีขั้นตอน รายละเอียด และความสัมพันธ์ขั้นตอนการดำเนินการวิเคราะห์ แสดงดังภาพที่ 3.1

3.1.1 กำหนดโครงการต้นแบบ โดยเป็นโครงการที่ดำเนินการซ่อมแซมถนนแอสฟัลติกคอนกรีต ด้วยวิธีการบูรณะผิวทาง การศึกษาครั้งนี้ เลือก โครงการปรับปรุงถนนสีฐาน (ศูนย์ประชุมกาญจนาภิเษก ถึง วงเวียนสนามกีฬา) โดยมีรายการก่อสร้างหลัก ประกอบด้วย

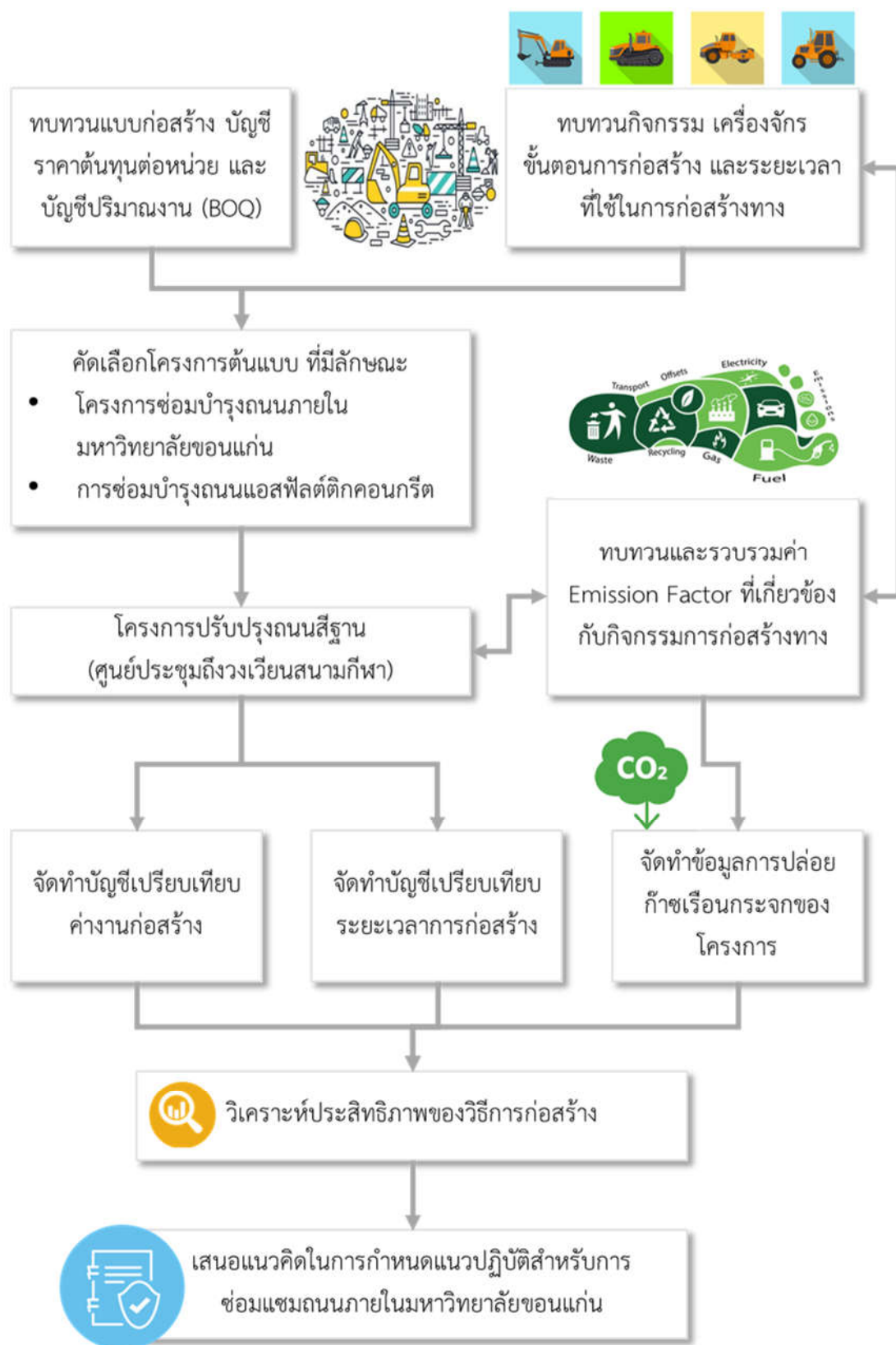
- (1) งานซ่อมแซมผิวจราจร ขยายและเสริมไหล่ทาง ระยะทาง 4 กิโลเมตร
- (2) งานขอบคันทางและรางระบายน้ำ
- (3) งานปรับปรุงไฟฟ้าส่องสว่าง และเปลี่ยนดวงโคมเป็น LED

ดำเนินการวิเคราะห์เฉพาะรายการที่ (1) เนื่องจากเป็นงานหลักของการก่อสร้าง และเป็นงานที่ใช้งบประมาณ และเวลามากที่สุด เปรียบเทียบกับงานซ่อมแซมถนนด้วยวิธีสร้างใหม่

3.1.2 ศึกษา รวบรวมข้อมูล ทฤษฎี ข้อกำหนดมาตรฐานและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการซ่อมบำรุงถนน

3.1.3 ศึกษา รวบรวมข้อมูล ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในการก่อสร้าง หรือปรับปรุงซ่อมแซมถนน

3.1.4 การวิเคราะห์ เปรียบเทียบ และสรุปผล



ภาพที่ 3.1 การดำเนินงานวิเคราะห์ประสิทธิภาพการซ่อมแซมถนน ด้วยวิธีวิเคราะห์วงจรชีวิต

3.2 วิธีการวิเคราะห์

- 3.2.1 วิเคราะห์ค่างานต้นทุนของกระบวนการก่อสร้างซ่อมแซมผิวจราจร ขยายและเสริมไหล่ทาง โดยเปรียบเทียบกับระหว่างการก่อสร้างด้วยวิธีการก่อสร้างใหม่ และวิธีการบูรณะผิวทาง โดยอ้างอิงจากหลักเกณฑ์การประมาณราคากลางงานทางฯ เพื่อนำมาวิเคราะห์เกี่ยวกับรูปแบบและขั้นตอนการก่อสร้าง เครื่องมือเครื่องจักรที่ใช้ในการก่อสร้าง แหล่งที่มาวัสดุ รวมถึงการจัดการของเสียและเศษวัสดุ
- 3.2.2 วิเคราะห์ขั้นตอนและระยะเวลาการก่อสร้างของกระบวนการก่อสร้างซ่อมแซมผิวจราจร ขยายและเสริมไหล่ทาง โดยเปรียบเทียบกับระหว่างการก่อสร้างด้วยวิธีการก่อสร้างใหม่ และวิธีการบูรณะผิวทาง โดยอาศัยรายการเครื่องจักรมาตรฐานในงานทาง และอัตราการทำงานของเครื่องจักรสำหรับงานแต่ละประเภท
- 3.2.3 วิเคราะห์ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกระบวนการก่อสร้างซ่อมแซมผิวจราจร ขยายและเสริมไหล่ทาง โดยเปรียบเทียบกับระหว่างการก่อสร้างด้วยวิธีการก่อสร้างใหม่ และวิธีการบูรณะผิวทาง ด้วยการรวบรวมข้อมูลปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยข้อมูลที่ต้องใช้ในการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการก่อสร้าง ประกอบด้วย
- (1) ข้อมูลปริมาณวัสดุและทรัพยากรที่ใช้ในการก่อสร้างและซ่อมบำรุงทาง
 - (2) ข้อมูลระยะทางจากแหล่งวัสดุถึงสถานที่ก่อสร้าง
 - (3) ข้อมูลอัตราการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor; EF)
- ซึ่งข้อมูลข้างต้นมีแหล่งที่มา แสดงในตารางที่ 3.1 ดังนี้

ตารางที่ 3.1 แหล่งที่มาของข้อมูลในการหาค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโครงการ

ข้อมูล	แหล่งที่มา
ปริมาณวัสดุ/ทรัพยากรที่ใช้ในการก่อสร้าง	- เอกสารการประเมินราคาต้นทุนต่อหน่วย ของโครงการปรับปรุงถนนสีฐาน (ศูนย์ประชุมกาญจนาภิเษกถึงวงเวียนสนามกีฬา) - แบบก่อสร้างของโครงการ - บัญชีแสดงปริมาณวัสดุ - หลักเกณฑ์การคำนวณราคากลางงานก่อสร้างทาง สะพาน และท่อเหลี่ยม กรมบัญชีกลาง (2560)
ระยะทางจากแหล่งวัสดุ	ข้อมูลจากเอกสารประเมินราคาต้นทุนต่อหน่วย
อัตราการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor)	- TGO Guidebook for CFP จัดทำโดย องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) - ฐานข้อมูล Ecoinvent 2.0, IPCC GWP 100a - ฐานข้อมูล Thai national databaseจัดทำโดย องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน)

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์

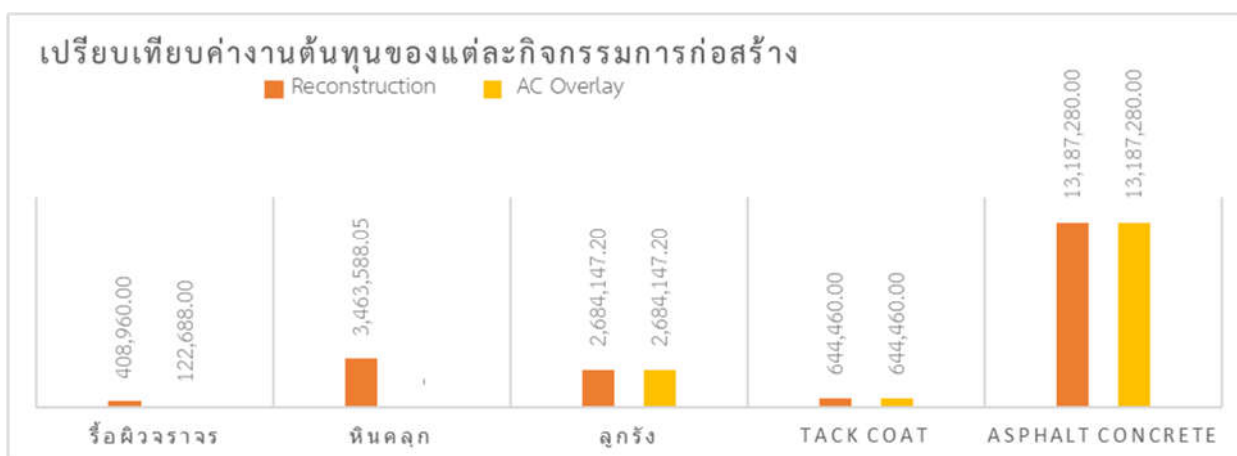
4.1 วิเคราะห์ต้นทุนงานซ่อมแซมถนน

การวิเคราะห์ต้นทุนงานซ่อมแซมถนน มีลำดับขั้นตอน ดังนี้

- (1) ศึกษาขอบเขตงานตามสัญญาจ้าง
- (2) ตรวจสอบปริมาณวัสดุที่ใช้ในกระบวนการก่อสร้าง โดยการจัดทำประมาณการตามหลักเกณฑ์การวัดปริมาณงานของกรมบัญชีกลาง
- (3) จัดทำรายการบัญชีราคาต้นทุนต่อหน่วย ดังแสดงในภาคผนวก ก
- (4) จัดทำบัญชีแสดงปริมาณงาน ค่าวัสดุ และสรุปค่างานก่อสร้างของแต่ละวิธีการ ได้แก่ วิธีการก่อสร้างใหม่ (Reconstruction) และวิธีการเสริมผิวทางแอสฟัลติกคอนกรีต (Asphaltic Concrete Overlay) โดยพิจารณาเฉพาะค่างานต้นทุนที่เกี่ยวข้องกับงานถนนเท่านั้น แสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 บัญชีแสดงปริมาณงาน ค่าวัสดุ และสรุปค่างานก่อสร้าง

Scope of Work	Reconstruction				AC Overlay			
	Working Qty.	Unit	Unit Cost	Amount	Working Qty.	Unit	Unit Cost	Amount
รื้อผิวจราจร	36,000.00	ตร.ม.	11.36	408,960.00	10,800.00	ลบ.ม.	11.36	122,688.00
หินคลุก	6,315.00	ลบ.ม.	548.47	3,463,588.05	-	ลบ.ม.	548.47	-
ลูกรัง	4,060.00	ลบ.ม.	661.12	2,684,147.20	4,060.00	ลบ.ม.	661.12	2,684,147.20
Tack Coat	46,000.00	ตร.ม.	14.01	644,460.00	46,000.00	ตร.ม.	14.01	644,460.00
Asphalt Concrete	46,000.00	ตร.ม.	286.68	13,187,280.00	46,000.00	ตร.ม.	286.68	13,187,280.00
				<u>20,388,435.25</u>				<u>16,638,575.20</u>



ภาพที่ 4.1 เปรียบเทียบค่างานก่อสร้างของการก่อสร้างแต่ละวิธี

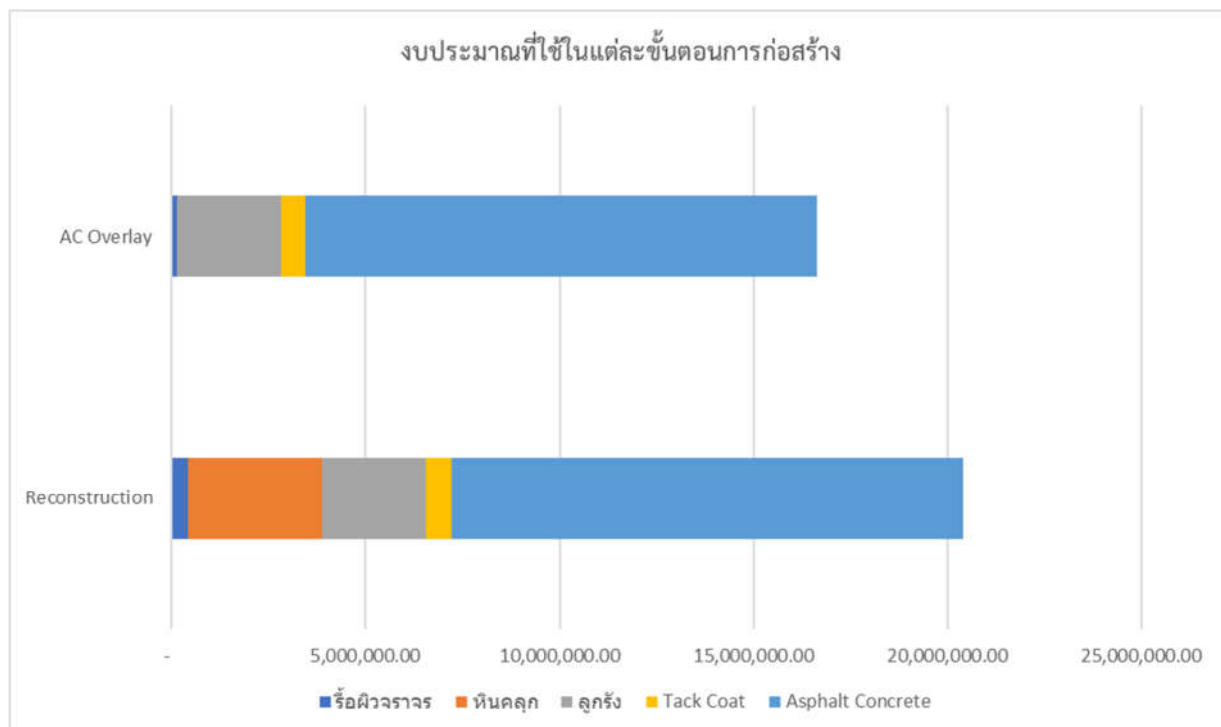
- (5) เปรียบเทียบสัดส่วนร้อยละมูลค่างานที่แตกต่างกันในแต่ละหมวดงาน โดยเทียบกับค่างานก่อสร้างด้วยวิธีการก่อสร้างใหม่ (Reconstruction) ดังสมการ

$$\text{สัดส่วนมูลค่างานที่แตกต่างกัน} = 100 \times \frac{(\text{วิธีการก่อสร้างใหม่} - \text{วิธีการเสริมผิวทางแอสฟัลติกคอนกรีต})}{\text{วิธีการก่อสร้างใหม่}}$$

ได้ผลการเปรียบเทียบ ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 เปรียบเทียบสัดส่วนร้อยละมูลค่างานที่แตกต่างกัน

Scope of Work	Reconstruction Cost [1]	AC Overlay Cost [2]	Diff. [3] = [1] - [2]	% [3] / [1]
รื้อผิวจราจร	408,960.00	122,688.00	286,272.00	70.00%
หินคลุก	3,463,588.05	-	3,463,588.05	100.00%
ลูกรัง	2,684,147.20	2,684,147.20	-	0.00%
Tack Coat	644,460.00	644,460.00	-	0.00%
Asphalt Concrete	13,187,280.00	13,187,280.00	-	0.00%
	20,388,435.25	16,638,575.20		<u>18.39%</u>



ภาพที่ 4.2 เปรียบเทียบสัดส่วนมูลค่างานที่แตกต่างกันของการก่อสร้างแต่ละวิธี

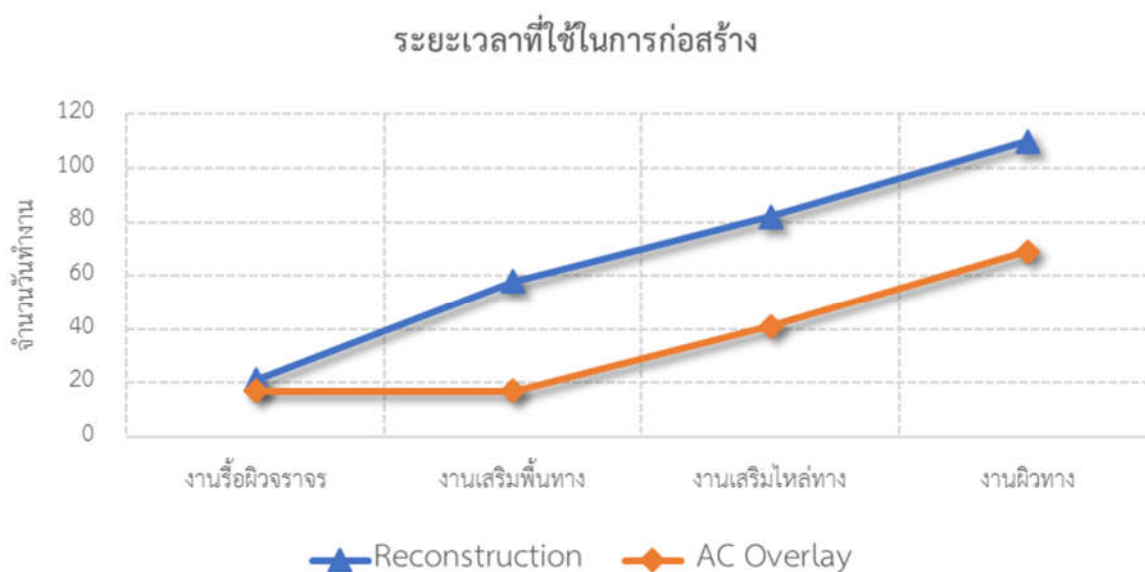
4.2 วิเคราะห์ระยะเวลาในการก่อสร้าง

การวิเคราะห์ระยะเวลาในการก่อสร้าง มีลำดับขั้นตอน ดังนี้

- (1) ศึกษาขอบเขตงานตามสัญญาจ้าง
- (2) ตรวจสอบปริมาณวัสดุที่ใช้ในกระบวนการก่อสร้าง ประกอบกับเครื่องจักรที่ใช้ในการทำงานดำเนินการแต่ละขั้นตอน
- (3) ลำดับขั้นตอนการทำงาน ประเมินระยะเวลาก่อสร้างจากปริมาณงาน และอัตราการทำงานของเครื่องจักรในการก่อสร้าง
- (4) จัดทำบัญชีแสดงระยะเวลาที่ใช้ในแต่ละขั้นตอนของการก่อสร้าง แสดงดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.3 ระยะเวลาที่ใช้ในการก่อสร้าง

Scope of Work	Reconstruction				AC Overlay			
	Working Qty.	Unit	days	Cumm.	Working Qty.	Unit	days	Cumm.
รื้อผิวจราจร	1,800.00	ลบ.ม.	21	21	540.00	ลบ.ม.	17	17
หินคลุก	6,315.00	ลบ.ม.	37	58	-	ลบ.ม.	0	17
ลูกรัง	4,060.00	ลบ.ม.	24	82	4,060.00	ลบ.ม.	24	41
Tack Coat	46,000.00	ตร.ม.	14	96	46,000.00	ตร.ม.	14	55
Asphalt Concrete	46,000.00	ตร.ม.	14	110	46,000.00	ตร.ม.	14	69



ภาพที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างขั้นตอนการก่อสร้าง และจำนวนวันทำงาน

4.3 วิเคราะห์ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการก่อสร้าง

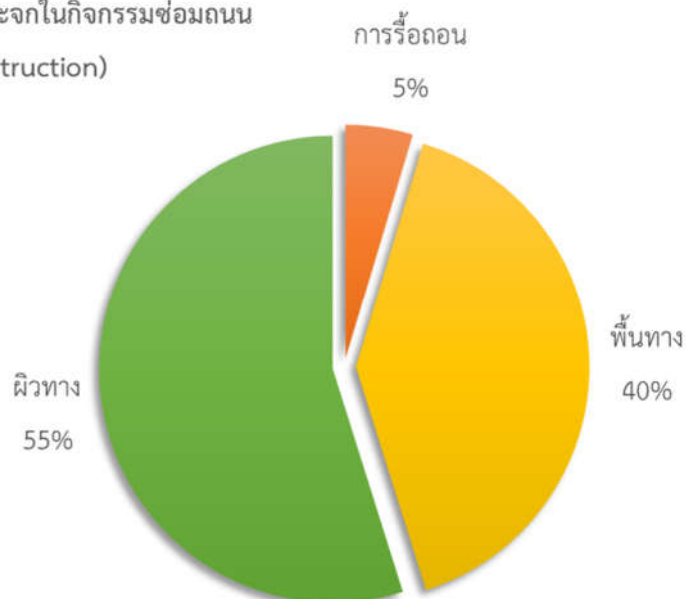
การวิเคราะห์ระยะเวลาในการก่อสร้าง มีลำดับขั้นตอน ดังนี้

- (1) ศึกษาขอบเขตงานตามสัญญาจ้าง
- (2) ตรวจสอบปริมาณวัสดุที่ใช้ในกระบวนการก่อสร้าง ประกอบกับเครื่องจักรที่ใช้ในการทำงานดำเนินการแต่ละขั้นตอน
- (3) ตรวจสอบค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการก่อสร้าง
- (4) จัดทำบัญชีสรุปปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ดังแสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.4 บัญชีสรุปปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

รายการ	หน่วย	ค่า EF (kgCO ₂ eq./หน่วย)	Reconstruction		AC Overlay		แหล่งข้อมูล EF
			หน่วยวัสดุ	kg CO ₂ eq.	หน่วยวัสดุ	kg CO ₂ eq.	
น้ำมันดีเซล (การเผาไหม้ที่มีการเคลื่อนที่)	ลิตร	2.7446	65,027.02	178,473.17	38,173.82	104,771.86	IPCC Vol.2 table 3.2.1,3.2.2, DEDE
วัสดุมวลรวม (ลูกรัง)	กิโลกรัม	0.0004	16,509,750.00	6,603.90	6,090,000.00	2,436.00	Ecoinvent 2.0, IPCC 2007 GWP 100a
หิน	กิโลกรัม	0.0004	4,561,820.00	1,824.73	4,561,820.00	1,824.73	Ecoinvent 2.0, IPCC 2007 GWP 100a
Bitumen	กิโลกรัม	0.4290	276,110.44	118,451.38	276,110.44	118,451.38	Ecoinvent 2.0, IPCC 2007 GWP 100a
				305,353.18			
					Diff.	25.50%	

สัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกิจกรรมซ่อมถนน
ด้วยวิธี ก่อสร้างใหม่ (Reconstruction)

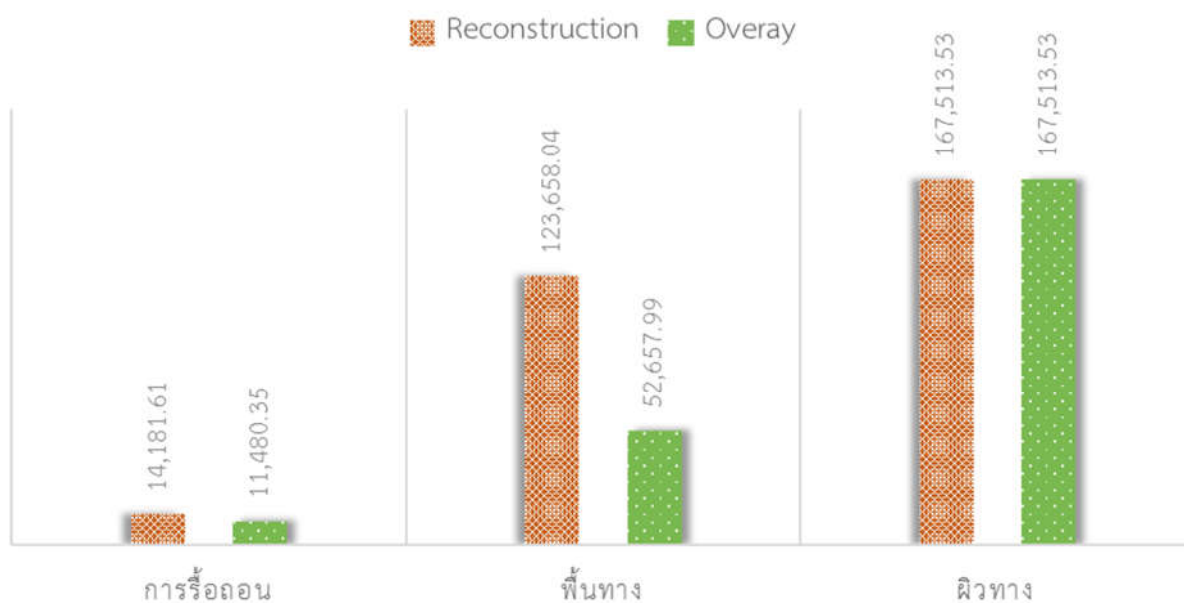


ภาพที่ 4.4 สัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการก่อสร้างทางใหม่ จำแนกตามขั้นตอนการก่อสร้าง



ภาพที่ 4.5 สัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการบูรณะผิวทาง จำแนกตามขั้นตอนการก่อสร้าง

เปรียบเทียบการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของแต่ละกิจกรรม



ภาพที่ 4.6 เปรียบปริมาณก๊าซเรือนกระจกแต่ละวิธีการก่อสร้าง จำแนกตามขั้นตอนการก่อสร้าง

บทที่ 5

สรุปผลการดำเนินการ และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการดำเนินการ

การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการซ่อมแซมถนนภายในมหาวิทยาลัยขอนแก่นด้วยวิธีการเสริมผิวทางแอสฟัลติกคอนกรีต (Asphaltic Concrete Overlay) ศึกษาจากผลการดำเนินโครงการตัวอย่าง คือ โครงการปรับปรุงถนนสีฐาน (ศูนย์ประชุมกาญจนาภิเษก ถึง วงเวียนสนามกีฬา) งบประมาณที่ได้รับจัดสรร 24,000,000 บาท ที่ได้มีการดำเนินการแล้วเสร็จในปีงบประมาณ พ.ศ. 2562 โดยเป็นการวิเคราะห์เปรียบเทียบประสิทธิภาพของกระบวนการซ่อมแซมถนนโดยอาศัยกระบวนการก่อสร้างใหม่ หรือก่อสร้างทดแทนของเดิม เทียบกับกระบวนการซ่อมแซมด้วยวิธีการเสริมผิวทางแอสฟัลติกคอนกรีต ซึ่งเป็นวิธีที่ระบุไว้ในเงื่อนไขการดำเนินโครงการ สามารถสรุปผลการวิเคราะห์ได้ดังต่อไปนี้

1) ความคุ้มค่าด้านงบประมาณ

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลค่างานต้นทุนของกระบวนการซ่อมบำรุงทาง โดยจำแนกเป็นรายการต้นทุนด้านวัสดุ ด้านเครื่องจักร พบว่า ในกระบวนการซ่อมแซมถนนโดยวิธีการก่อสร้างทางใหม่นั้น จะใช้ทรัพยากรทั้งในด้านวัสดุ และด้านเครื่องจักรสูงกว่า เนื่องจากมีกระบวนการขั้นตอนการทำงานที่เพิ่มมากขึ้นกว่ากระบวนการซ่อมแซมถนนด้วยวิธีการเสริมผิวทาง เมื่อเปรียบเทียบผลต่างของวงเงินงบประมาณที่ใช้ในการดำเนินการของทั้ง 2 วิธี พบว่าการซ่อมแซมถนนด้วยวิธีการเสริมผิวทางนั้น ใช้งบประมาณต่ำกว่าการซ่อมแซมด้วยวิธีสร้างใหม่ทั้งสิ้น 3,749,860.05 บาท หรือคิดเป็นผลประหยัด ร้อยละ 18.39

จากผลประหยัดดังกล่าว คณะผู้ออกแบบได้ทำการบริหารจัดการโครงการให้อยู่ในกรอบงบประมาณที่ได้รับการจัดสรร โดยการเพิ่มงานเปลี่ยนอุปกรณ์ไฟฟ้าส่องสว่างให้เป็นแบบประหยัดพลังงาน ส่งผลให้งานปรับปรุงซ่อมแซมถนนดังกล่าวมีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้นภายใต้กรอบวงเงินงบประมาณที่มีจำกัด

2) การจัดการผลกระทบระหว่างการก่อสร้าง

ด้วยโครงการตัวอย่าง เป็นการปรับปรุงถนนซึ่งถือเป็นถนนสายหลักของมหาวิทยาลัย และมีการสัญจรคับคั่งตลอดเวลา ซึ่งเมื่อทำการวิเคราะห์ระยะเวลาที่ใช้ในการดำเนินการก่อสร้างเปรียบเทียบกันทั้ง 2 วิธี พบว่า การซ่อมแซมถนนด้วยวิธีการเสริมผิวทางนั้น ใช้ระยะเวลาในการดำเนินการน้อยกว่าการซ่อมแซมด้วยวิธีสร้างใหม่ทั้งสิ้น 41 วัน เนื่องจากมีขั้นตอนและกระบวนการน้อยกว่า และในการก่อสร้างจริงนั้นการซ่อมแซมด้วยวิธีการเสริมผิวทางไม่จำเป็นต้องปิดการจราจรเต็มพื้นที่ ดังนั้นจึงยังสามารถเปิดเส้นทางบางส่วนให้มีการสัญจรตามปกติได้ เป็นข้อดีอีกส่วนหนึ่งที่ช่วยในการลดผลกระทบต่อผู้ใช้เส้นทาง

3) การจัดการผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม

ผลการวิเคราะห์ผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม โดยอาศัยอัตราการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของแต่ละกิจกรรมที่เกิดขึ้นในโครงการ พบว่า อัตราการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการซ่อมแซมถนนด้วยวิธีการก่อสร้างใหม่ สูงถึง 305,353.18 kg CO₂ eq. ในขณะที่การซ่อมแซมถนนด้วยวิธีการเสริมผิวทางมีอัตราการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เพื่อ 227,483.97 kg CO₂ eq. ซึ่งมีอัตราส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจก น้อยกว่าถึง ร้อยละ 25.50 เนื่องมาจากการซ่อมแซมด้วยวิธีสร้างใหม่มีกิจกรรมที่ต้องใช้เครื่องจักร และวัสดุในการก่อสร้างมากกว่า

นอกจากการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมด้วยการหาอัตราการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแล้ว ในระหว่างการก่อสร้างจริงการซ่อมแซมด้วยวิธีการสร้างใหม่จะมีปริมาณฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นระหว่างการก่อสร้างสูงกว่าการซ่อมแซมด้วยวิธีการเสริมผิวทาง ซึ่งถือเป็นมลพิษทางอากาศอีกประเภทหนึ่ง

ผลจากการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการซ่อมแซมถนนภายในมหาวิทยาลัยขอนแก่น พบว่า การซ่อมแซมถนนด้วยวิธีการเสริมผิวทางนั้น ถือเป็นทางเลือกที่ดีในการวางแผนการซ่อมบำรุงถนนภายในมหาวิทยาลัยขอนแก่น เนื่องจากมีกระบวนการที่ไม่ยุ่งยากซับซ้อน สามารถประเมินและควบคุมต้นทุนได้ง่าย มีความยืดหยุ่นสูงในการบริหารจัดการระหว่างการก่อสร้าง และข้อสำคัญคือส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยกว่าวิธีปกติ

ในการที่จะเลือกใช้วิธีการในการซ่อมบำรุงถนนนั้น ขึ้นอยู่กับการประเมินสภาพถนน และลักษณะการใช้งานในปัจจุบัน ซึ่งหากถนนอยู่ในสภาพที่มีความเสียหายมาก การซ่อมแซมถนนด้วยวิธีการเสริมผิวทางอาจไม่เหมาะสมเนื่องจากชั้นโครงสร้างของถนนอาจได้รับความเสียหายและไม่สามารถรับน้ำหนักได้ จำเป็นต้องในการก่อสร้างใหม่เท่านั้นจึงจะสามารถแก้ไขปัญหาได้

5.2 ข้อเสนอแนะ

การซ่อมบำรุงถนนภายในมหาวิทยาลัยขอนแก่น ถือเป็นภารกิจต่อเนื่องที่ต้องมีการดำเนินการเป็นประจำ เนื่องจากถนนหลายเส้นทางมีอายุการใช้งานมานาน และถูกออกแบบให้รองรับการจราจรคนละประเภท ส่งผลให้เกิดความชำรุดเสียหายอย่างรวดเร็ว และรุนแรง ซึ่งการจัดทำแผนการซ่อมแซมถนนตามรอบปีงบประมาณนั้น จะต้องใช้งบประมาณค่อนข้างสูงในการดำเนินการซ่อมแซมถนนให้ครอบคลุมทุกสาย โดยแต่ละปีมักได้รับจัดสรรเพียงเล็กน้อยให้พอบรรเทาปัญหาเฉพาะหน้าเท่านั้น

ด้วยเหตุนี้ การบริหารจัดการด้านการบำรุงรักษาถนนที่ดี จึงเป็นแนวทางที่มีความยั่งยืนมากกว่าในการที่จะบำรุงรักษาถนนให้มีสภาพพร้อมใช้งานตลอดเวลา หากบำรุงรักษาที่ถูกวิธีจะสามารถช่วยยับยั้งความเสียหายของถนนมิให้เกิดความรุนแรงเพิ่มขึ้นได้ เพื่อเป็นการป้องกันความเสียหายให้แก่โครงสร้างชั้นทาง ซึ่งมีความสำคัญ

ต่อการรับน้ำหนัก และความแข็งแรงของถนน หากดำเนินการเช่นนั้นได้ ในการซ่อมแซมถนนแต่ละครั้งเราจะสามารถเลือกใช้กระบวนการเสริมผิวทางในการซ่อมแซมได้

แนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพในการบำรุงรักษาถนน มีดังนี้

1. มีการเพิ่มความรู้ให้แก่ผู้ปฏิบัติงานให้เข้าใจถึงหลักการในการบำรุงรักษาทาง
2. มีการจัดหาเครื่องมือ และเครื่องจักรที่เป็นไปตามมาตรฐานการบำรุงรักษาทาง
3. มีการจัดหาแรงงานที่เพียงพอ
4. มีการวางแผนการบำรุงรักษาอย่างต่อเนื่อง และสอดคล้องกับฤดูกาล ทั้งนี้จะต้องมีการสำรวจเก็บข้อมูลเส้นทางให้ครบถ้วนก่อนจัดทำแผน
5. มีการบูรณะการงานส่วนอื่นที่เกี่ยวข้อง ทั้งเรื่องการระบายน้ำ ป้ายจราจร รวมถึงการเก็บข้อมูลการจราจรเพื่อทำการประเมินสภาพการใช้งาน
6. มีการส่งเสริมการนำเทคโนโลยีด้านการเว้นใช้วัสดุ หรือใช้วัสดุทางเลือกในการซ่อมบำรุงทางมาใช้เพื่อเป็นการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม

บรรณานุกรม

- กรมทางหลวง. (2550). *หลักเกณฑ์การคำนวณราคากลางงานก่อสร้างทาง สะพาน และท่อเหลี่ยม Operating Cost*. กรุงเทพฯ: กรมทางหลวง กระทรวงคมนาคม.
- กรมทางหลวงชนบท. (2555). *คู่มือบำรุงปกติ*. กรุงเทพฯ: กรมทางหลวงชนบท กระทรวงคมนาคม.
- กรมบัญชีกลาง กระทรวงการคลัง. (2558). *บัญชีค่าแรงงาน/ดำเนินการ สำหรับการออกแบบคำนวณราคากลางงานก่อสร้าง ฉบับปรับปรุงเดือน ตุลาคม 2558*. กรุงเทพฯ: กรมบัญชีกลาง กระทรวงการคลัง.
- กองดัชนีเศรษฐกิจการค้า สำนักงานนโยบายและยุทธศาสตร์การค้า กระทรวงพาณิชย์. (15 มิถุนายน 2562). *ราคาวัสดุก่อสร้าง*. เข้าถึงได้จาก ฐานข้อมูลดัชนีเศรษฐกิจการค้า:
http://www.price.moc.go.th/price/struct/index_new.asp
- คณะกรรมการราคากลางและขึ้นทะเบียนผู้ประกอบการ. (2560). *หลักเกณฑ์การคำนวณราคากลางงานก่อสร้างทาง สะพาน และท่อเหลี่ยม*. กรุงเทพฯ: กรมบัญชีกลาง.
- คณะกรรมการราคากลางก่อสร้าง. (2560). *แนวปฏิบัติ วิธีปฏิบัติ และรายละเอียดประกอบการถอดแบบคำนวณราคากลางงานก่อสร้าง เดือนตุลาคม 2560*. กรุงเทพฯ: คณะกรรมการราคากลางก่อสร้าง.
- บริษัท เอส ที เอส เอ็นจิเนียริ่ง คอนซัลแตนท์ จำกัด และ บริษัท อินฟรา พลัส จำกัด. (2559). *รายงานสรุปผลการศึกษาสำหรับผู้บริหาร โครงการพัฒนาระบบคำนวณรอยเท้าคาร์บอนจากการก่อสร้างและบำรุงทางหลวง*. กรุงเทพฯ: บริษัท เอส ที เอส เอ็นจิเนียริ่ง คอนซัลแตนท์ จำกัด และ บริษัท อินฟรา พลัส จำกัด.
- เมธากุล มีธรรม และ วชรภูมิ เบญจโอฬาร. (2559). การเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากงานก่อสร้างถนนโดยการเลือกเทคนิคการก่อสร้างที่ต่างกัน. *วารสารวิชาการเศรษฐศาสตร์อุตสาหกรรม พระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปีที่ 7 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม - ธันวาคม 2559*, 1-9.
- ราชกิจจานุเบกษา. (15 มิถุนายน 2560). *พระราชบัญญัติการจัดซื้อจัดจ้างและการบริหารพัสดุภาครัฐ*. เข้าถึงได้จาก ราชกิจจานุเบกษา: <http://www.ratchakitcha.soc.go.th/DATA/PDF/2560/A/024/13.PDF>
- ส่วนออกแบบและตรวจสอบผิวทางแอสฟัลต์ กรมทางหลวง. (2547). *คู่มือวิธีการปฏิบัติงานออกแบบและตรวจสอบผิวทางแอสฟัลต์*. กรุงเทพฯ: ส่วนออกแบบและตรวจสอบผิวทางแอสฟัลต์ กรมทางหลวง.
- สำนักมาตรฐานการจัดซื้อจัดจ้างภาครัฐ. (2560). *หนังสือกรมบัญชีกลาง ด่วนที่สุด ที่ กค0405.3/ว83 ลงวันที่ 15 มีนาคม 2560 เรื่อง การปรับปรุงรายละเอียดประกอบการถอดแบบคำนวณราคากลางงานก่อสร้าง*. กรุงเทพฯ: กรมบัญชีกลาง กระทรวงการคลัง.
- องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก. (เมษายน 2562). *Emission Factor*. เข้าถึงได้จาก องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก:
http://thaicarbonlabel.tgo.or.th/products_emission/products_emission.pnc

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ – สกุล	นายวัชร พัฒนาวิวัฒน์พร
ตำแหน่งปัจจุบัน	วิศวกรปฏิบัติการ
สังกัด	งานก่อสร้าง กองอาคารและสถานที่ สำนักงานอธิการบดี มหาวิทยาลัยขอนแก่น
โทรศัพท์	061-696 5453
E-mail	watchara@kku.ac.th
การศึกษา	2541 – วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมโยธา) มหาวิทยาลัยขอนแก่น 2557 – วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (ธรณีเทคนิค) มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ประวัติการปฏิบัติงาน	2552 – ปัจจุบัน วิศวกรปฏิบัติการ งานก่อสร้าง กองอาคารและสถานที่ สำนักงานอธิการบดี มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ผลงานเชิงพัฒนา	
1. งานวิเคราะห์	2562 ศึกษาวิเคราะห์เรื่อง “การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการซ่อมแซมถนนภายใน มหาวิทยาลัยขอนแก่นด้วยวิธีการเสริมผิวทางแอสฟัลติกคอนกรีต (Asphaltic Concrete Overlay)”
2. คู่มือปฏิบัติงาน	2562 คู่มือปฏิบัติงานเรื่อง “คู่มือการปฏิบัติงานวิศวกร งานก่อสร้าง กองอาคาร และสถานที่ สำนักงานอธิการบดี มหาวิทยาลัยขอนแก่น”

ภาคผนวก

ตารางจำแนกอัตราค่างานระหว่างค่าใช้จ่ายเครื่องจักรกล และค่าจ้างชั่วคราว

การจำแนกอัตราค่าจ้างระหว่างค่าใช้จ่ายเครื่องจักรกลและค่าจ้างชั่วคราว

ราคาน้ำมันดีเซล 30.00 - 30.99 บาท/ลิตร

ลำดับที่	ประเภทงาน	หน่วย	ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักรกล	ประเภทค่าจ้างชั่วคราว	ค่าใช้จ่ายเครื่องจักรกล (บาท/หน่วย)					รวมค่าใช้จ่ายเครื่องจักรกล (บาท/หน่วย)	อัตราค่าจ้างชั่วคราว		อัตราค่าก่อสร้าง (บาท/หน่วย)	หมายเหตุ
					ค่าซ่อมแซม	ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง	ค่าบำรุงรักษา	ค่าอะไหล่ต่างๆ	ค่าพนักงานขับ		(บาท/ชม.)	(บาท/หน่วย)		
1	งานขุดลอกคลองธรรมชาติ	บาท/ลบ.ม.	75 ลบ.ม.ปกติ/ชม.	คนงานกรรมกร จำนวน 4 คน	2.32	14.29	1.75	-	0.73	19.09	171.43	2.29	21.38	รถขุดตัก
2	งานดินขุดธรรมดาด้วยรถขุด	บาท/ลบ.ม.	59 ลบ.ม.ปกติ/ชม.	คนงานกรรมกร จำนวน 4 คน	0.93	7.72	0.73	-	0.93	10.31	171.43	2.91	13.21	รถขุดตัก
3	งานดินขุดธรรมดาด้วยเรือขุด	บาท/ลบ.ม.	125 ลบ.ม./ชม.	คนงานกรรมกร จำนวน 10 คน	31.37					31.37	214.29	1.71	33.08	
4	งานดินขุดยากด้วยรถขุด	บาท/ลบ.ม.	53.1 ลบ.ม.ปกติ/ชม.	คนงานกรรมกร จำนวน 4 คน	1.84	12.85	1.52	-	1.04	17.25	171.43	3.23	20.47	รถขุดตัก
5	งานเปิดหน้าดินด้วย Bulldozer	บาท/ลบ.ม.	87 ลบ.ม.ปกติ/ชม.		2.05	6.08	0.76	-	0.63	9.51			9.52	รถแทรกเตอร์
6	งานดินบดอัดแน่น 95% (ค่าบดทับ)	บาท/ลบ.ม.	600 ลบ.ม.แน่น/วัน	คนงานเก็บรากไม้ จำนวน 6 คน	2.64	14.54	1.61	0.27	1.75	20.82	257.14	3.00	23.81	รถเกลี่ยดิน, รถบดล้อยาง, รถบดล้อสะเทือน และรถน้ำ
7	งานดินบดอัดแน่น 85% (ค่าบดทับ)	บาท/ลบ.ม.	660 ลบ.ม.แน่น/วัน	คนงานเก็บรากไม้ จำนวน 6 คน	2.38	13.06	1.43	0.24	1.59	18.70	257.14	2.73	21.43	รถเกลี่ยดิน, รถบดล้อยาง, รถบดล้อสะเทือน และรถน้ำ
8	งานเกรดบดอัดลูกรัง	บาท/ลบ.ม.	500 ลบ.ม.แน่น/วัน	คนงานเก็บรากไม้ จำนวน 6 คน	2.98	17.94	1.62	0.33	2.10	24.96	257.14	3.60	28.57	รถเกลี่ยดิน, รถบดล้อยาง, รถบดล้อสะเทือน และรถน้ำ
9	งานวางป่าโปร่ง	บาท/ไร่	1,500 ตร.ม./ชม.	คนงานเก็บรากไม้ จำนวน 6 คน	55.46	242.56	22.91	-	58.67	379.60	257.14	274.29	653.88	รถแทรกเตอร์
10	งานวางป่าทึบ	บาท/ไร่	1,000 ตร.ม./ชม.	คนงานเก็บรากไม้ จำนวน 6 คน	188.25	616.59	72.09	-	88.00	964.94	257.14	411.43	1,376.36	รถแทรกเตอร์
11	งานขนย้ายดิน ระยะทาง 1 กิโลเมตร	บาท/ลบ.ม.	75 ลบ.ม.ปกติ/ชม.		0.15	5.98	0.41	0.19	0.67	7.40			7.40	รถบรรทุกเทท้าย
12	งานขนย้ายดิน ระยะทางมากกว่า 1 กิโลเมตร	บาท/ลบ.ม.	75 ลบ.ม.ปกติ/ชม.		0.06	1.27	0.19	0.06	0.67	2.25			2.25	รถบรรทุกเทท้าย

- หมายเหตุ :
- กำหนดอัตราค่าแรงขั้นต่ำเฉลี่ยทั่วประเทศ 300 บาท/วัน โดยกำหนดชั่วโมงทำงานใน 1 วัน เท่ากับ 7 ชั่วโมง
 - ค่าใช้จ่ายเครื่องจักรกลของอัตราค่าก่อสร้าง คิดเทียบจากมาตรฐานค่าใช้จ่ายเครื่องจักรกลต่อชั่วโมง สำนักมาตรฐานการป้องกันสาธารณภัย
 - งานดินขุดธรรมดาด้วยเรือขุดไม่มีหลักเกณฑ์การคิดค่าใช้จ่ายเครื่องจักรกลในมาตรฐานค่าใช้จ่ายเครื่องจักรกลต่อชั่วโมง สำนักมาตรฐานการป้องกันสาธารณภัย
 - อัตราค่าก่อสร้างตามหลักเกณฑ์สำนักมาตรฐานงบประมาณ สำนักงบประมาณ ได้รวมค่าใช้จ่ายเครื่องจักรกล ค่าพนักงานขับ ค่าจ้างชั่วคราว ตลอดจนค่าขนย้ายเครื่องจักรกลไว้ในอัตราค่างานต่อหน่วยเรียบร้อยแล้ว
 - การจำแนกอัตราค่าจ้างระหว่างค่าใช้จ่ายเครื่องจักรกลและค่าจ้างชั่วคราว ใช้สำหรับการบริหารงบประมาณโครงการเป็นการภายในของศูนย์ป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยเขตเท่านั้น โดยสามารถถัวจ่ายได้

ตารางค่า Emission Factor ประจำปี เดือน กุมภาพันธ์ 2562

ค่า Emission Factor โดยแบ่งตามประเภทกลุ่มอุตสาหกรรม

ตัวที่มีการเปลี่ยนแปลง

ตัวที่มีการเพิ่มเติม

ลำดับที่	ชื่อ	รายละเอียด	หน่วย	ค่าแฟคเตอร์ (kgCO ₂ eq/หน่วย)	แหล่งข้อมูลอ้างอิง	วันที่อัปเดต
1. กลุ่มปิโตรเคมี						
1.	Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS)	ผลิตจากกระบวนการอัลคิลเลชันของเบนซีนและเอทิลีน	kg	4.1549	Thai National LCI Database/MTEC (with TGO Electricity 2014)	Update_Nov2018
2.	General Purposed Polystyrene (GPPS)	ผลิตจาก Styrene และ Ethylbenzene	kg	3.2736	Thai National LCI Database/MTEC (with TGO Electricity 2014)	Update_Nov2018
3.	High Density Polyethylene (HDPE)	ผลิตจาก Ethylene โดยมี 1-Butene และ Propylene เป็น Comonomer	kg	6.7676	Thai National LCI Database/MTEC (with TGO Electricity 2014)	Update_Nov2018
4.	High Impact Polystyrene (HIPS)	ผลิตจาก Styrene และ Polybutadiene rubber	kg	3.7357	Thai National LCI Database/MTEC (with TGO Electricity 2014)	Update_Nov2018
5.	Linear Low Density Polyethylene (LLDPE)	ผลิตจากกระบวนการที่เป็น Solution phase และ Gas phase	kg	2.0015	Thai National LCI Database/MTEC (with TGO Electricity 2014)	Update_Nov2018
6.	Low Density Polyethylene (LDPE)	ผลิตจากกระบวนการที่เป็น Solution phase และ Gas phase	kg	2.7060	Thai National LCI Database/MTEC (with TGO Electricity 2014)	Update_Nov2018
7.	Polypropylene (PP)	ผลิตจากกระบวนการที่เป็น Liquid phase และ Gas phase	kg	1.8391	Thai National LCI Database/MTEC (with TGO Electricity 2014)	Update_Nov2018
8.	Polyvinyl Chloride (PVC)	ผลิตจากกระบวนการ Suspension และ Emulsion	kg	2.1415	Thai National LCI Database/MTEC (with TGO Electricity 2014)	Update_Nov2018
9.	P-xylene	ผลิตจากกระบวนการ PAREX / ISOMAR	kg	0.8987	Thai National LCI Database/MTEC (with TGO Electricity 2014)	Update_Nov2018
10.	Styrene Monomer (SM)	ผลิตจากกระบวนการอัลคิลเลชันของเบนซีนและเอทิลีน	kg	2.3837	Thai National LCI Database/MTEC (with TGO Electricity 2014)	Update_Nov2018
11.	Styrene Acrylonitrile (SAN)	ผลิตจากกระบวนการอัลคิลเลชันของเบนซีนและเอทิลีน	kg	2.9918	Thai National LCI Database/MTEC (with TGO Electricity 2014)	Update_Nov2018

ลำดับที่	ชื่อ	รายละเอียด	หน่วย	ค่าแฟคเตอร์ (kgCO ₂ eq/หน่วย)	แหล่งข้อมูลอ้างอิง	วันที่อัปเดต
677.	Aluminium Secondary	Aluminium, secondary, from new scrap, at plant	kg	0.4329	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
678.	Aluminium Secondary	Aluminium, secondary, from old scrap, at plant	kg	1.4682	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
679.	Aluminium alloy (AlMg3)	Aluminium alloy, AlMg ₃ , at plant	kg	6.3369	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
680.	Brass	Brass, at plant	kg	2.4528	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
21. กลุ่มกระบวนการ						
681.	Blow moulding		kg	1.2077	Ecoinvent 2.2, IPCC GWP 100a	Update_24Sep12
682.	Injection moulding		kg	1.4162	Ecoinvent 2.2, IPCC GWP 100a	Update_24Sep12
683.	Calendering, rigid sheets		kg	0.4171	Ecoinvent 2.2, IPCC GWP 100a	Update_24Sep12
684.	Casting, brass		kg	0.0647	Ecoinvent 2.2, IPCC GWP 100a	Update_24Sep12
685.	Casting, bronze		kg	0.0658	Ecoinvent 2.2, IPCC GWP 100a	Update_24Sep12
686.	Extrusion, plastic film		kg	0.5751	Ecoinvent 2.2, IPCC GWP 100a	Update_24Sep12
687.	Extrusion, plastic pipes		kg	0.4169	Ecoinvent 2.2, IPCC GWP 100a	Update_24Sep12
688.	Foaming, expanding		kg	0.7550	Ecoinvent 2.2, IPCC GWP 100a	Update_24Sep12
689.	Stretch blow moulding		kg	1.6483	Ecoinvent 2.2, IPCC GWP 100a	Update_24Sep12
690.	Thermoforming, with calendering		kg	0.8592	Ecoinvent 2.2, IPCC GWP 100a	Update_24Sep12
22. กลุ่มวัสดุก่อสร้าง						
691.	Sand (ทราย)	Sand, at mine	kg	0.0037	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12

ลำดับที่	ชื่อ	รายละเอียด	หน่วย	ค่าแฟคเตอร์ (kgCO ₂ eq/หน่วย)	แหล่งข้อมูลอ้างอิง	วันที่อัปเดต
692.	Brick (อิฐ)	Brick, at plant	kg	0.2414	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
693.	Clay (ดินเหนียว)	Clay, at mine	kg	0.0004	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
694.	Sanitary ceramics (สุขภัณฑ์)	Sanitary ceramics, at regional storage	kg	2.4092	Ecoinvent 2.2, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
23. กลุ่มปุ๋ย หมายถึง: สำหรับปุ๋ยสูตรอื่นๆ สามารถคำนวณได้จาก File Excel GHG Emissions from Fertilizer ในหน้า Download ของคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์						
695.	lime, CaCO ₃ (ปูนขาว หินปูน) - การผลิต		kg	1.0676	JEMAI	Update_24Sep12
696.	Dolomite (โดโลไมต์) (ปุ๋ย Mg) - การผลิต		kg	0.0265	Ecoinvent 2.0	Update_24Sep12
697.	Borax(โบแรกซ์) (ปุ๋ยโบรอน) - การผลิต		kg	1.5900	Ecoinvent 2.0	Update_24Sep12
698.	ปุ๋ยอินทรีย์ (ขี้ไก่แห้ง) -การผลิต		kg	0.1097	Ecoinvent 2.0	Update_24Sep12
699.	ปุ๋ย N : ยูเรีย as N -การผลิต		kg	3.3036	Ecoinvent 2.0	Update_24Sep12
700.	ปุ๋ย P : ไดแอมโมเนียมฟอสเฟต (DAP) as P ₂ O ₅ -การผลิต		kg	1.5716	Ecoinvent 2.0	Update_24Sep12
701.	ปุ๋ย K : โพแทสเซียมคลอไรด์ as K ₂ O -การผลิต		kg	0.4974	Ecoinvent 2.0	Update_24Sep12
702.	ปุ๋ยสูตร 15-15-15 (การผลิต + การใช้)		kg	1.5083	Ecoinvent 2.0	Update_24Sep12
703.	ปุ๋ยสูตร 16-20-0 (การผลิต + การใช้)		kg	1.5922	Ecoinvent 2.0	Update_24Sep12
704.	ปุ๋ยสูตร 13-13-21 (การผลิต + การใช้)		kg	1.3470	Ecoinvent 2.0	Update_24Sep12
705.	Fertiliser ammonium phosphate		kg	3.7700	Ecoinvent 2.0	Update_24Sep12
706.	Fertiliser potassium chloride		kg	0.5330	EcoInvent 2.0	Update_24Sep12
707.	Glyphosate		kg	16.0000	Ecoinvent 2.0	Update_24Sep12
708.	Atrazine(แอทราซีน)		kg	5.0100	Ecoinvent 2.0	Update_24Sep12

ลำดับที่	ชื่อ	รายละเอียด	หน่วย	ค่าแฟคเตอร์ (kgCO ₂ eq/หน่วย)	แหล่งข้อมูลอ้างอิง	วันที่อัปเดต
709.	Alachlor(อัลลาคลอร์)		kg	8.0900	Ecoinvent 2.0	Update_24Sep12
710.	Paraquat		kg	3.2300	Ecoinvent 2.0	Update_24Sep12
711.	Bromacil		kg	5.2500	Ecoinvent 2.0	Update_24Sep12
712.	Diuron		kg	7.0400	Ecoinvent 2.0	Update_24Sep12
713.	Ametine		kg	8.5100	Ecoinvent 2.0	Update_24Sep12
24. กลุ่มการฝังกลบขยะ						
714.	กระดาษ / กระดาษกล่อง		kg	2.93	2006 IPCC Volume 5: Waste	Update_09Apr15
715.	ผ้า		kg	2.00	2006 IPCC Volume 5: Waste	Update_09Apr15
716.	เศษอาหาร		kg	2.53	2006 IPCC Volume 5: Waste	Update_09Apr15
717.	เศษไม้		kg	3.33	2006 IPCC Volume 5: Waste	Update_09Apr15
718.	กิ่งไม้ ต้นหญ้าจากสวน		kg	3.27	2006 IPCC Volume 5: Waste	Update_09Apr15
719.	ผ้าอ้อมเด็กทำด้วยกระดาษ		kg	4.00	2006 IPCC Volume 5: Waste	Update_09Apr15
720.	ยางและหนัง		kg	3.13	2006 IPCC Volume 5: Waste	Update_09Apr15
25. กลุ่มการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง (เผาไหม้อยู่กับที่)						
721.	Natural gas		scf	0.0573	IPCC Vol.2 table 2.2, DEDE	Update_30April13
722.	Lignite		kg	1.0624	IPCC Vol.2 table 2.2, DEDE	Update_30April13
723.	Residual fuel oil		litre	3.0883	IPCC Vol.2 table 2.2, DEDE	Update_30April13
724.	Gas/Diesel oil		litre	2.7080	IPCC Vol.2 table 2.2, DEDE	Update_30April13

ลำดับที่	ชื่อ	รายละเอียด	หน่วย	ค่าแฟคเตอร์ (kgCO ₂ eq/หน่วย)	แหล่งข้อมูลอ้างอิง	วันที่อัปเดต
725.	Anthracite		kg	3.1014	IPCC Vol.2 table 2.2, DEDE	Update_30April13
726.	Sub-bituminous coal		kg	2.5466	IPCC Vol.2 table 2.2, DEDE	Update_30April13
727.	Jet Kerosene		litre	2.4777	IPCC Vol.2 table 2.2, DEDE	Update_30April13
728.	LPG		litre	1.6812	IPCC Vol.2 table 2.2, DEDE	Update_30April13
729.	LPG		kg	3.1133	LPG 1 litre = 0.54 kg (DEDE)	Update_30April13
730.	Biomass(สารชีวมวล)		kg	0.6930	IPCC	Update_19Mar13
26. กลุ่มการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง (ที่มีการเคลื่อนที่)						
731.	Motor Gasoline - uncontrolled		litre	2.2376	IPCC Vol.2 table 3.2.1, 3.2.2, DEDE	Update_30April13
732.	Motor Gasoline -oxydation catalyst		litre	2.2763	IPCC Vol.2 table 3.2.1, 3.2.2, DEDE	Update_30April13
733.	Motor Gasoline - low mileage light duty vehicle vintage 1995 or later		litre	2.2380	IPCC Vol.2 table 3.2.1, 3.2.2, DEDE	Update_30April13
734.	Gas/ Diesel Oil		litre	2.7446	IPCC Vol.2 table 3.2.1, 3.2.2, PTT	Update_30April13
735.	Compressed Natural Gas		kg	2.2472	IPCC Vol.2 table 3.2.1, 3.2.2, DEDE	Update_30April13
736.	Liquified Petroleum Gas		litre	1.7226	IPCC Vol.2 table 3.2.1, 3.2.2, DEDE	Update_30April13
737.	ไบโอดีเซล	US Conversion Factor	litre	2.6265	U.S. Energy Information Administration	Update_19Mar13
27. กลุ่มแก้วและกระจก						
738.	ขวดแก้วใส	ผลิตจากทรายแก้วและเศษแก้วนำมาหลอมในเตาหลอมได้นำแก้ว และนำไปผ่านกระบวนการขึ้นรูปให้ได้ขวดแก้วรูปทรงต่าง ๆ ตามต้องการ	kg	0.8061	Thai National LCI Database/MTEC	Update_30Jun16

ลำดับที่	ชื่อ	รายละเอียด	หน่วย	ค่าแฟคเตอร์ (kgCO ₂ eq/หน่วย)	แหล่งข้อมูลอ้างอิง	วันที่อัปเดต
739.	ขวดแก้วสีชา	ผลิตจากทรายแก้วและเศษแก้วนำมาหลอมในเตาหลอมได้น้ำแก้ว (ใส่ส่วนผสมที่ทำให้เกิดสี) และนำไปผ่านกระบวนการขึ้นรูปให้ได้ขวดแก้วรูปทรงต่างๆตามต้องการ	kg	0.8289	Thai National LCI Database/MTEC	Update_30Jun16
740.	ฉนวนใยแก้ว	ผลิตจากเศษแก้วเศษขวด (80%) และสารเคมีต่างๆนำมาหลอมรวมกันเป็นน้ำแก้ว บั่นออกมาเป็นเส้นใยพั่นกวาดให้เส้นใยยึดเกาะกันจากนั้นนำมาอัดเป็นแผ่นฉนวน ผ่านการตัดขอบและแยกบรรจุ	kg	2.5453	Thai National LCI Database/MTEC	Update_30Jun16
741.	กระจกแผ่นเรียบ	ผลิตจากการหลอมทรายแก้ว และส่วนผสมอื่น แล้วขึ้นรูปเป็นแผ่น โดยให้น้ำแก้วลอยตัวบนตลับกลหลอม ผลิตเป็นกระจกที่มีขนาดตามต้องการ	kg	1.2673	Thai National LCI Database/MTEC	Update_30Jun16
742.	กระจกนิรภัยชั้นเดียว	ผลิตจากกระจกแผ่นเรียบ (Flat Glass) มาทำการปรับปรุงคุณสมบัติเพื่อเพิ่มความแข็งแรง ทนทาน ไม่แตกหักง่าย ทนต่ออุณหภูมิสูง-ต่ำ และแรงกระแทก	kg	3.1311	Thai National LCI Database/MTEC	Update_30Jun16
743.	กระจกนิรภัยหลายชั้น	ผลิตโดยการนำกระจกตั้งแต่ 2 แผ่นขึ้นไป มาผนึกเข้าด้วยกัน โดยมีแผ่นฟิล์มโพลีไวนิลนิตเรต ที่เหนียวและแข็งแรงซ้อนอยู่ระหว่างกลาง ทำหน้าที่ยึดกระจกให้ติดกัน	kg	2.4368	Thai National LCI Database/MTEC	Update_30Jun16
744.	กระจกฉนวนความร้อน	ผลิตโดยนำกระจกอย่างน้อย 2 แผ่น ตัดให้ได้ขนาดมาประกบกันโดยมีระยะห่างพอสมควร โดยมีอลูมิเนียมซึ่งบรรจุสารดูดซับความชื้นคั่นกลาง หลังจากนั้นจะปิดรอยที่ขอบกระจก	kg	1.6994	Thai National LCI Database/MTEC	Update_30Jun16
28. อื่นๆ เพิ่มเติม						
745.	Magnetite		kg	0.8250	Ecoinvent 2.0, IPCC 2007	Update_24Sep12
746.	PE Foam		kg	2.1000	Ecoinvent 2.0, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
747.	ถุงมือ(ผ้าฝ้าย)		kg	2.1100	Ecoinvent 2.0, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
748.	ทินเนอร์		kg	2.1222	อ้างอิงจาก Thinner ใน CFP EF Data v.2.01 ของประเทศญี่ปุ่น	Update_24Sep12
749.	สติกเกอร์ปิดกล่อง		kg	0.5100	Ecoinvent 2.0, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12
750.	แผ่นวงจรพิมพ์		kg	27.7000	Ecoinvent 2.0, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12

ลำดับที่	ชื่อ	รายละเอียด	หน่วย	ค่าแฟคเตอร์ (kgCO ₂ eq/หน่วย)	แหล่งข้อมูลอ้างอิง	วันที่อัปเดต
751.	ตัวเก็บประจุ		kg	83.100	Ecoinvent 2.0, IPCC 2007 GWP 100a	Update_24Sep12