การเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากงานก่อสร้างถนนโดยการเลือกเทคนิคการก่อสร้างที่ต่างกัน

เมธากุล มีธรรม[1*] และ วชรภูมิ เบญจโอพาร[2]

บทคัดย่อ

การเลือกเทคนิคการก่อสร้างในแต่ละโครงการขึ้นกับความต้องการของผู้รับจ้าง และทำได้ภายใต้คุณภาพผลงานและข้อกำหนดของผู้ว่าจ้าง เมื่อพิจารณาในแง่มุมด้านสิ่งแวดล้อมร่วมด้วยพบว่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกก็แตกต่างกันด้วย การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอถึงปริมาณการปล่อยก๊าซที่มีความแตกต่างกันตามเทคนิคการก่อสร้างในแต่ละกิจกรรม รวมถึงชี้ให้เห็นและแนะนำถึงส่วนประกอบของงานที่จะปล่อยก๊าซออกมาน้อยที่สุดภายใต้วิธีการทางเลือกในข้อกำหนดของกรมทางหลวง ส่วนประกอบของงานก่อสร้างที่ลดการปล่อยก๊าซได้ดังกล่าวยังสามารถนำมาเป็นสิทธิประโยชน์ต่อผู้รับจ้างที่ร่วมมือด้วยเพื่อสร้างแรงจูงใจให้ลดการปล่อยก๊าซลงได้ การศึกษานำกิจกรรมในโครงการก่อสร้างถนนที่เลือกใช้เทคนิคต่างกันจำนวน 2 ส่วนงาน คือ 1) งานชั้นพื้นทาง (Base Course Layer) และ 2) งานชั้นผิวทาง (Wearing Course Layer) จำแนกออกเป็นกิจกรรมย่อย 7 กิจกรรม (A) – (G) และสามารถจัดกลุ่มเป็นส่วนประกอบของการดำเนินงานก่อสร้างที่สามารถเกิดได้ 12 ส่วนประกอบ ดำเนินการวิจัยโดยวิเคราะห์ปริมาณการใช้ทรัพยากรจากหน้าตัดทั่วไปของการก่อสร้างถนน ประเมินการปล่อยก๊าซด้วยโปรแกรม SimaPro 8.0 ผลการศึกษาพบว่าจากการก่อสร้างด้วยเทคนิคการทางเลือกที่พิจารณาตามกลุ่มของกิจกรรม กิจกรรม (D) หรือการก่อสร้างชั้นทางวัสดุหมุนเวียนวัสดุเดิมมาใช้ใหม่แบบผสมในที่ (PRE - in place) มีการปล่อย GHG น้อยที่สุดคือ 26,460 $kgCO_2$-e/km และกิจกรรม (C) หรือการก่อสร้างชั้นทางวัสดุดินซีเมนต์แบบผสมที่โรงงาน (SCB - in plant) มีการปล่อย GHG มากที่สุดคือ 200,450 $kgCO_2$-e/km การขนส่งไปยังโรงงานผสมส่งผลอย่างมีนัยสำคัญต่อปริมาณการปล่อย GHG โดยรวม เมื่อพิจารณาทั้ง 12 ส่วนประกอบของงานผลลัพธ์แสดงให้เห็นว่าส่วนประกอบของงานที่ 1 ซึ่งประกอบด้วยการก่อสร้างชั้นทางด้วยวัสดุหินคลุก (CRB) ชั้นทางวัสดุหมุนเวียนวัสดุเดิมมาใช้ใหม่แบบผสมในที่สำหรับคันทางเดิม (PRE - in place) และก่อสร้างชั้นผิวทางด้วยแอสฟัลต์คอนกรีต (AC) เป็นส่วนประกอบที่มีปริมาณการปล่อย GHG รวมน้อยที่สุดคือ 218,180 $kgCO_2$-e/km และเป็นส่วนประกอบที่เหมาะสมที่สุดที่จะแนะนำให้ผู้รับจ้างเลือกใช้เทคนิคดังกล่าวนี้ อีกทั้งยังเป็นส่วนประกอบที่เหมาะสมแก่การนำมาเป็นต้นแบบในการสร้างสิทธิประโยชน์เพื่อเสนอให้แก่ผู้รับจ้างที่จะดำเนินงานก่อสร้างตามเทคนิคดังกล่าวนี้ด้วย

คำสำคัญ: งานก่อสร้างถนน ก๊าซเรือนกระจก เทคนิคการก่อสร้าง การลดการปล่อยก๊าซ

---

[1] นักศึกษาปริญญาเอก สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

[2] รองศาสตราจารย์ สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

* ผู้นิพนธ์ประสานงาน โทร. 0-4422-4172 อีเมล: D5740178@g.sut.ac.th

_17-0051(001-009)1.indd 1 1/18/60 BE 5:20 PM

Technical Education Journal King Mongkut's University of Technology North Bangkok
Vol. 7 No. 2 July – December, 2016

Comparison Greenhouse Gas Emissions Due to Different Construction Techniques on Road Construction Project

Mathagul Metham[1*] and Vacharapoom Benjaoran[2]

Abstract

Alternative construction techniques are depending on conditions of each project such as the contractor's ability to provide technologies. Their alternatives must be conforming to the quality and specification. Different resource consumptions and greenhouse gas (GHG) emissions of the projects are their subsequence. This study aims to present and indicate the number of GHG emissions by using these alternatives, and recommends suitable genres of activities as the less GHG emissions by DOH criteria. The contractor is motivated to use suitable activities by paying benefits for participation in reducing GHG emissions on the road construction. The activities chosen for this study include 2 components: 1) base course layer and 2) wearing course layer. These two components give seven possible activities and they compose possible 12 combinations. The evaluation of GHG emissions is performed by using SimaPro 8.0 and resource consumption data from design documents. The key findings are that the activity (D) pavement recycling mix-in-place technique gives the least emission levels equal to 26,460 $kgCO_2$-e/km. The activity (C) soil cement base mix-in-plant technique gives the most emission levels equal to 200,450 $kgCO_2$-e/km. The fuel consumption in transportation gives a major contribution to the whole of emission levels. When comparing among twelve possible combinations, the combination no.1 gives the least emissions equal to 218,180 $kgCO_2$-e/km. It comprises of the crushed rock base technique, pavement recycling mix-in-place technique and asphalt-concrete wearing-course technique. It is the suitable technique to recommend for the contractors. Finally, these findings can be used to build a tool for the voluntary emission reductions in the entire of road contractors.

Keywords: road construction, greenhouse gas, construction technique, emission reductions

[1] Ph.D. Student, School of Civil Engineering, Institute of Engineering, Suranaree University of Technology

[2] Associate Professor, School of Civil Engineering, Institute of Engineering, Suranaree University of Technology

* Corresponding Author Tel. 0-4422-4172 E-mail: D5740178@g.sut.ac.th

_17-0051(001-009)1.indd 2 1/18/60 BE 5:20 PM

1. บทนำ

การเลือกเทคนิคการก่อสร้าง (Construction Technique) ในแต่ละโครงการขึ้นกับความต้องการของผู้รับจ้าง หรือตามวิธีการที่ได้รับอนุญาตจากผู้ว่าจ้างให้สามารถทำได้ ข้อกำหนดงานก่อสร้างถนนของกรมทางหลวงได้เปิดโอกาสให้แก่ผู้รับจ้างสามารถเลือกวิธีการก่อสร้างหรือวัสดุที่สามารถทดแทนกันได้ ทั้งนี้การดำเนินงานดังกล่าวอาจถูกเลือกใช้ด้วยสาเหตุความจำเป็นบางประการ เช่น ในกรณีงานก่อสร้างชั้นพื้นทางวัสดุหินคลุก ไม่สามารถหาแหล่งวัสดุหินคลุกได้ หาได้ยาก มีราคาแพง หรือมีคุณสมบัติไม่เหมาะสมที่จะใช้ก่อสร้างในพื้นที่นั้น ก็จะเลือกก่อสร้างด้วยวัสดุดินลูกรังผสมซีเมนต์แทน หรือในกรณีของงานก่อสร้างชั้นพื้นทางวัสดุดินซีเมนต์ที่ต้องการเร่งการก่อสร้างหรือลดต้นทุนในการตั้งโรงงานผสม ผู้รับจ้างเลือกใช้การผสมดินซีเมนต์ในที่แทนการผสมในโรงงานผสม [1] แม้จะมีต้นทุนในการบดอัดเพิ่มขึ้นก็ตาม หรืองานก่อสร้างชั้นทางหมุนเวียนวัสดุเดิมมาใช้งานใหม่ที่สามารถดำเนินการได้ทั้งแบบผสมในที่และแบบผสมในโรงงานผสม [2] โดยที่คุณภาพของงานยังคงเป็นไปตามข้อกำหนดมาตรฐาน (Specification)

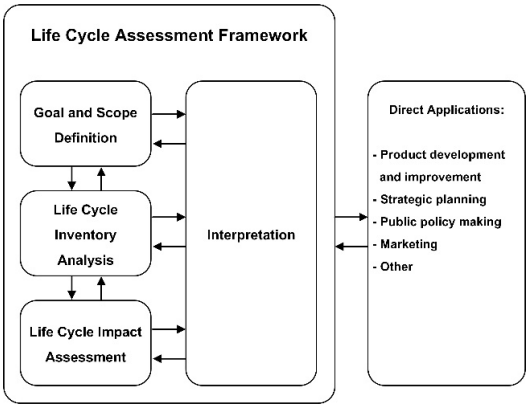
การเลือกเทคนิคการก่อสร้างในสนามดังกล่าวทำให้การใช้ทรัพยากรเปลี่ยนไปตามแต่ละเทคนิคที่เลือก เมื่อพิจารณาด้านสิ่งแวดล้อมปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gas: GHG) ย่อมมีปริมาณเปลี่ยนไปด้วยซึ่งอาจมากขึ้นหรือน้อยลงได้ การวิเคราะห์ปริมาณการปล่อย GHG จากกระบวนการก่อสร้างสามารถช่วยให้ผู้เกี่ยวข้องในอุตสาหกรรมการก่อสร้าง ทั้งกลุ่มผู้ออกแบบ หรือผู้วางนโยบาย และผู้บริหารโครงการในสนามได้ทราบถึงกิจกรรมหลักที่มีบทบาทสำคัญต่อการปล่อยก๊าซ และสามารถเลือกใช้เทคนิคการก่อสร้างได้อย่างเหมาะสม โดยที่ยังมีผลเชิงบวกต่อต้นทุนการก่อสร้าง (Construction Cost) แต่ยังเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม (Environmentally Friendly) ควบคู่กันไปด้วย

การศึกษาปริมาณการปล่อย GHG ที่ผ่านมาส่วนใหญ่จะพิจารณาแค่เทคนิคการก่อสร้างอย่างใดอย่างหนึ่งมาเปรียบเทียบกัน เช่น การเปรียบเทียบผิวทางคอนกรีตกับผิวทางแอสฟัลต์ เป็นต้น [3] โดยมิได้เชื่อมโยงเทคนิคทางเลือกต่อเนื่องกันไปในหลาย ๆ ส่วนประกอบของงาน การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอถึงปริมาณการปล่อย GHG ที่มีความแตกต่างกันตามเทคนิคการก่อสร้างในแต่ละกิจกรรมที่ต่อเนื่องกันในหลาย ๆ ส่วนประกอบของงาน พร้อมกันนี้ได้แสดงถึงปริมาณการปล่อย GHG จากรูปแบบผิวทางที่ต่างกันจากขั้นตอนการออกแบบด้วย ผลลัพธ์จะชี้ให้เห็นถึงส่วนประกอบของงานก่อสร้างที่ต่อเนื่องกันแล้วมีปริมาณการปล่อย GHG ออกมาน้อยที่สุดภายใต้วิธีการทางเลือกในข้อกำหนดของกรมทางหลวง การศึกษานำกิจกรรมในงานก่อสร้างถนนของงาน 2 ส่วนงาน คือ 1) งานชั้นพื้นทาง (Base Course Layer) และ 2) งานชั้นผิวทาง (Wearing Course Layer) มาเป็นตัวแทนการศึกษา การเลือกใช้เทคนิคที่ต่างกันทำให้จำแนกออกได้เป็นกิจกรรมย่อย 7 กิจกรรม (A) – (G) และสามารถจัดกลุ่มเป็นส่วนประกอบของการดำเนินงานก่อสร้างที่สามารถเกิดได้ 12 ส่วนประกอบ ซึ่งจะกล่าวถึงรายละเอียดในหัวข้อที่ 3

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

วิธีการประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ยอมรับตามมาตรฐานสากลว่าเป็นวิธีที่โปร่งใสและตรวจสอบได้ วิธีการหนึ่งที่ได้รับความนิยมคือ วิธีการประเมินตลอดวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment: LCA) เพราะเป็นวิธีการที่สามารถเปรียบเทียบผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากผลิตภัณฑ์ซึ่งต่างรูปแบบกันได้ [4] โดยมีแนวคิดที่เป็นการประเมินตั้งแต่เกิดจนตาย (Cradle-to-Grave) หรือตั้งแต่ขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบจนถึงการทำลายซากในขั้นตอนสุดท้ายเมื่อสิ้นอายุการใช้งาน (End of Life) [5] การประเมิน LCA ที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันเป็นการปฏิบัติภายใต้กรอบแนวคิดการดำเนินงานขององค์การมาตรฐานอุตสาหกรรม (International Organization for Standardization: ISO) อนุกรมมาตรฐาน ISO 14040: 2006 ดังแสดงในรูปที่ 1 ประกอบด้วย 4 ขั้นตอนหลัก คือ (1) การกำหนดขอบเขตและเป้าหมาย (Goal and Scope Definition) (2) การวิเคราะห์บัญชีรายการตลอดวัฏจักร

ชีวิต (Life Cycle Inventory Analysis: LCI) (3) การประเมินผลกระทบตลอดวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Impact Assessment: LCIA) (4) การแปรผลลัพธ์ (Interpretation)



รูปที่ 1 กรอบการดำเนินงาน LCA ตาม ISO14040

2.1 ปริทัศน์วรรณกรรม

การประเมินการปล่อยก๊าซที่ทำให้เกิดภาวะโลกร้อนที่เปรียบเทียบปริมาณการปล่อย GHG จากงานก่อสร้างถนน มักจะเป็นการดำเนินการเพื่อประเมินเปรียบเทียบจากวัสดุก่อสร้างที่ต่างชนิดกันแล้วจะทำให้มีการใช้ทรัพยากรก่อสร้างต่างกันโดยปริยาย แต่อย่างไรก็ตามงานวิจัยดังกล่าวมิได้มุ่งเน้นที่เทคนิคการก่อสร้างเป็นการเฉพาะ เช่น การศึกษาของ Passer A. et al. [6] ใช้วิธีการ LCA ประเมินตลอดวัฏจักรชีวิตเพื่อทำการประเมินอิทธิพลจากเทคนิคการก่อสร้างของอาคารพักอาศัยที่ต่างรูปแบบกันที่จะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ผลการศึกษาแสดงว่าเทคนิคการก่อสร้างส่งผลสำคัญต่อการลดการใช้พลังงาน แต่ทว่าอิทธิพลจากการเลือกใช้งานวัสดุก่อสร้างเพื่อประกอบและตกแต่ง กลับพบว่ามีค่าศักยภาพด้านการใช้พลังงานปรับปรุงได้ค่อนข้างต่ำ รวมทั้งยังมีผลจากเทคนิคการก่อสร้างน้อยด้วย เพราะในประเทศที่ทำการศึกษา (ออสเตรเลีย) มีการจัดการด้านพลังงานที่ค่อนข้างดีอยู่แล้วโดยเฉพาะอาคารพลังงานต่ำและบ้านมาตรฐานประหยัดพลังงาน หรือในการศึกษาของ White P. et al. [3] ได้เสนอกระบวนการเพื่อจำลองรูปแบบผลกระทบการทำให้โลกร้อน จากการผลิตวัสดุก่อสร้างถนนและจากการก่อสร้างถนนด้วยผิวทางต่างชนิดกัน ประกอบด้วยผิวทางคอนกรีต (Rigid Pavement) และผิวทางแอสฟัลต์ (Flexible Pavement) พิจารณาการใช้ทรัพยากรตั้งแต่ขั้นตอนกระบวนการผลิตวัสดุ รวมถึงการใช้พลังงานเพื่อการขนส่งและการก่อสร้างด้วย การศึกษาได้ทดสอบการปล่อย GHG โดยปรับเปลี่ยนพารามิเตอร์ของรูปแบบจำลอง เพื่อให้สามารถออกแบบผิวทางให้เหมาะสมบนพื้นฐานของทรัพยากรในท้องถิ่น เงื่อนไขสภาพภูมิอากาศ ปริมาณการจราจร การบำรุงรักษา และความต้องการพลังงานได้ รวมถึงการศึกษาของ Hong T. et al. [7] ได้เสนอแบบจำลองเพื่อทำการประเมินปริมาณการปล่อย GHG ซึ่งเป็นผลกระทบช่วงก่อสร้างอาคารพักอาศัย โดยใช้การประเมินตลอดวัฏจักรชีวิตด้วยวิธี Process-Based LCA ร่วมกับ Input-Output LCA พิจารณาจากบัญชีรายการของการใช้พลังงานช่วงการผลิตวัสดุ การขนส่งและกระบวนการก่อสร้างในสนาม ปริมาณการปล่อย GHG ถูกคำนวณจากปริมาณการใช้พลังงานที่รวบรวมได้ด้วย Emission factor

2.2 ลักษณะของเทคนิคและวิธีการทางเลือก

การก่อสร้างตามเทคนิคและวิธีการทางเลือกดังกล่าวในงานก่อสร้างถนน มีความเป็นลักษณะเฉพาะที่มีการนิยามตามข้อกำหนดมาตรฐานของกรมทางหลวง คือ มาตรฐานงานทางหลวง (ทล.-ม.) ที่ใช้ในการศึกษานี้ประกอบด้วย

งานชั้นทางวัสดุหินคลุก (Crushed Rock Base: CRB) เป็นส่วนผสมของหินโม่มวลรวม มีขนาดคละกันดี โดยทั่วไปจะเป็นชั้นบนสุดที่อยู่ด้านล่างของชั้นรองผิวทาง หรือชั้นผิวทาง [8]

งานชั้นทางวัสดุดินผสมซีเมนต์ (Soil Cement Base: SCB) เป็นส่วนผสมของดินที่มีขนาดคละกันดีผสมกับปูนซีเมนต์และน้ำ โดยทั่วไปจะก่อสร้างบนชั้นรองพื้นทาง ตามนี้คือ แบบผสมในโรงงาน หรือแบบผสมในที่ก็ได้ [1]

งานชั้นทางหมุนเวียนวัสดุเดิมมาใช้งานใหม่ (Pavement Recycling: PRE) เป็นการนำวัสดุชั้นทางเดิมที่ได้จากการขุดรื้อหรือขูดไสแล้วทำให้ร่วนมาปรับปรุงคุณภาพด้วยการเติมวัสดุผสมเพิ่มแล้วนำ

กลับมาใช้งานใหม่ โดยทั่วไปจะก่อสร้างบนชั้นรองพื้นทาง ตามนี้คือแบบผสมในโรงงาน หรือแบบผสมในที่ [2]

งานชั้นผิวทางแอสฟัลต์ผสมร้อน (Hot-Mix Asphalt: HMA) เป็นชั้นบนสุดของผิวทางมีส่วนประกอบโดยประมาณ เป็นมวลรวมหยาบและมวลรวมละเอียดผสมกันรวมร้อยละ 95 และแอสฟัลต์ซีเมนต์ร้อยละ 5 ซึ่ง HMA ตามนี้คือ แอสฟัลต์คอนกรีตงานชั้นผิวทางวัสดุแอสฟัลต์คอนกรีต (Asphaltic Concrete: AC) [9] หรือแอสฟัลต์คอนกรีตปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ (Natural Rubber Modified Asphaltic Concrete: NRMAC) ซึ่งต่างกันที่มีการผสมน้ำยางพาราเข้มข้นมาผสมร่วมกับแอสฟัลต์ซีเมนต์ในสัดส่วนประมาณร้อยละ 5 ของแอสฟัลต์ซีเมนต์ด้วย [10]

ลักษณะของเทคนิคทางเลือกดังกล่าวมีความแตกต่างกัน 3 ส่วน คือ วัสดุ เครื่องจักร และพลังงาน ข้อมูลดังกล่าวมาจากขั้นตอนกระบวนการทำงานดังแสดงในตารางที่ 1 ความแตกต่างดังกล่าวย่อมส่งผลต่อปริมาณการใช้ทรัพยากรที่ต่างกันในแต่ละลักษณะงานด้วย รายละเอียดของความแตกต่างจะกล่าวในหัวข้อถัดไป

ตารางที่ 1 ความแตกต่างของทรัพยากรที่ต้องการในแต่ละเทคนิคทางเลือก

		Base course layer					Wearing course layer	
		CRB	SCB - In Place	SCB - In Plant	PRE - In Place	PRE - In Plant	AC	NRMAC
Materials	Aggregate*	•			•	•	•	•
	Soil		•	•				
	Cement		•	•	•	•		
	Bitumen						•	•
	Latex							•
Machinery**	Motor grader	•	•	•	•	•		
	Rubber tyre roller	•	•	•	•	•	•	•
	Vibrating roller	•	•	•	•	•	•	•
	Steel wheel roller	•			•	•	•	•
	Milling machine					•		
	Cold recycler		•		•			
	Water truck	•	•	•	•	•	•	•
	Wheel loader			•		•	•	•
	Power broom						•	•
	Air blower						•	•
	Asphalt storage tanks						•	•
	Dump truck		•	•	•	•	•	•
	Asphalt concrete plant						•	•
	Asphalt concrete paver						•	•
	Electricity generator			•		•	•	•
Energy	Diesel	•	•	•	•	•	•	•
	Electricity			•		•	•	•

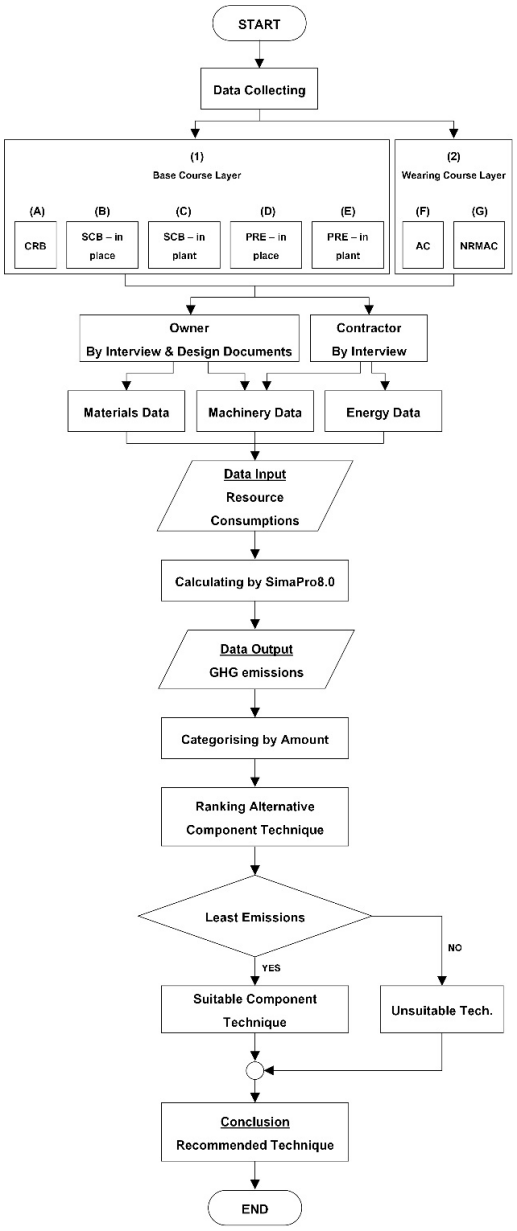
หมายเหตุ: * คือมวลรวมที่ไม่ได้แยกมวลรวมแต่ละขนาดออกจากกัน, ** คือความต้องการใช้งานโดยไม่ได้แสดงถึงจำนวนที่นำมาใช้

3. วิธีการดำเนินงานศึกษา

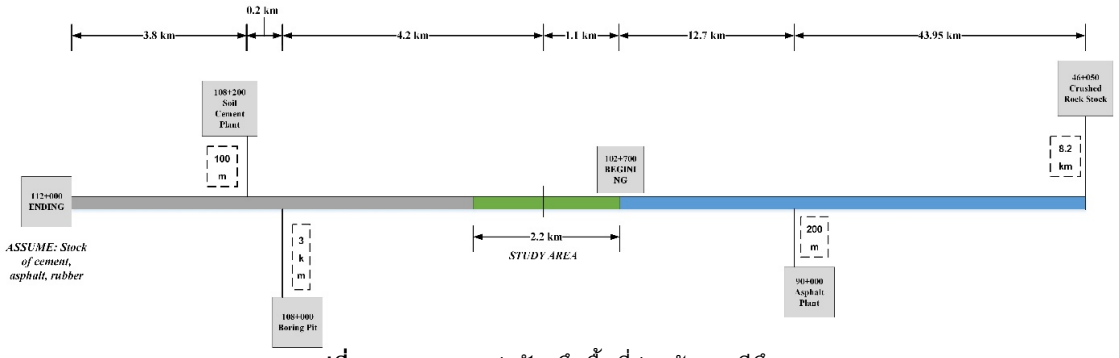
การศึกษานี้มีขั้นตอนดังแสดงในรูปที่ 2 ขั้นตอนเริ่มต้นจากข้อมูลนำเข้าการใช้ทรัพยากร ประกอบด้วย วัสดุ; คำนวณปริมาณวัสดุจากการประมาณด้วยปริมาณงานจากหน้าตัดทั่วไปของกรณีศึกษา เครื่องจักร; คำนวณจำนวนเครื่องจักรที่ใช้งานจากอัตราการทำงานของชุดเครื่องจักรมาตรฐานต่อปริมาณงาน และพลังงาน; ปริมาณพลังงานที่ใช้คำนวณจาก

ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักรกลหนักแต่ละชนิดที่ได้จากคู่มือประสิทธิภาพของผู้ผลิต (Caterpillar Performance Handbook Edition44) [11] ร่วมกับเอกสารข้อมูลสถิติอัตราการใช้เชื้อเพลิงของรถบรรทุกจากสำนักเครื่องกลและสื่อสาร กรมทางหลวง รวมถึงจากการสัมภาษณ์ผู้รับจ้างถึงข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าและน้ำมันเตาที่โรงงานผลิตแอสฟัลต์คอนกรีตด้วย ข้อมูลดังกล่าวจะถูกรวบรวมเข้าไว้เป็นบัญชีรายการใช้งานวัสดุ (LCI: Life Cycle inventories) ของกรณีศึกษา ขั้นตอนต่อมาประเมินการปล่อย GHG ด้วยโปรแกรม SimaPro 8.0 [12] ซึ่งเป็นโปรแกรมสำเร็จรูปที่รวบรวมฐานข้อมูลการปลดปล่อยก๊าซของวัสดุตลอดวัฏจักรชีวิต โดยการศึกษานี้กำหนดขอบเขตของระบบแบบ Cradle-to-Gate หรือ Business-to-Business: B2B คือพิจารณาเฉพาะช่วงการผลิตวัสดุจนถึงการนำมาก่อสร้างแต่จะไม่รวมการใช้งาน การบำรุงรักษา และการกำจัดซากเมื่อสิ้นอายุการใช้งาน ผลลัพธ์ที่ได้เป็นข้อมูลนำออกจะพิจารณาเฉพาะกลุ่มผลกระทบที่ทำให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global Warming Impact) ในรูปของปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าหน่วยกิโลกรัม (Kilogram of Carbon Dioxide Equivalent: $kgCO_2$-e) ทำการเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซต่อหน่วยการทำงาน (Functional Unit) เป็นกิโลเมตร แล้วจำแนกออกเป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่มที่มีปริมาณการปล่อยก๊าซมากหรือน้อยกว่าอีกกลุ่ม ขั้นตอนถัดมาเป็นการทำซ้ำกระบวนการข้างต้นของคู่เปรียบเทียบทั้งหมด ขั้นตอนสุดท้ายนำเสนอเทคนิคทางเลือกที่มีการปล่อยก๊าซน้อยที่สุดของทุกลักษณะงาน และอีกกลุ่มที่ปล่อยก๊าซมากขึ้นและเรียงลำดับไปจนถึงกลุ่มสุดท้ายที่ปล่อยก๊าซมากที่สุดทุกลักษณะงาน

พิจารณากิจกรรมของโครงการก่อสร้างถนนด้วยเทคนิคที่ต่างกันจำนวน 2 ส่วนงาน คือ 1) งานชั้นพื้นทาง และ 2) งานชั้นผิวทาง แยกออกเป็น 7 กิจกรรมย่อยตั้งแต่ (A) - (G) การดำเนินงานก่อสร้างสามารถเกิดรูปแบบจากทางเลือกได้หลายรูปแบบ เช่น งานชั้นทางวัสดุหินคลุกทดแทนด้วยวัสดุดินผสมซีเมนต์ หรืองานชั้นทางวัสดุดินผสมซีเมนต์แบบผสมในโรงงานทดแทนด้วยการผสมในที่ หรืองานชั้นทางหมุนเวียนวัสดุเดิมมาใช้ใหม่แบบผสมในโรงงานทดแทนด้วยการผสมในที่ และงานชั้นผิวทางวัสดุแอสฟัลต์คอนกรีตทดแทนด้วยวัสดุแอสฟัลต์คอนกรีตปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ รูปแบบของงานก่อสร้างถนนดังกล่าวในการศึกษานี้จะเกิดขึ้นได้จำนวน 12 ส่วนประกอบของงาน



รูปที่ 2 ขั้นตอนการศึกษา



รูปที่ 3 ระยะทางขนส่งวัสดุถึงพื้นที่ก่อสร้างกรณีศึกษา

กรณีศึกษาถูกวิเคราะห์ปริมาณการใช้ทรัพยากรดังแสดงในตารางที่ 2 ซึ่งมีระยะทางขนส่งวัสดุจากข้อมูลในสนามถูกแสดงในรูปที่ 3 พิจารณาจากหน้าตัดทั่วไปที่เป็นส่วนหนึ่งจากงานก่อสร้างจริง ลักษณะทั่วไป (ก่อนการใช้เทคนิคทางเลือก) ประกอบด้วย: การก่อสร้างทางมาตรฐานชั้นพิเศษ ระยะทางรวมประมาณ 2.200 กิโลเมตร ก่อสร้างขยายคันทางใหม่ซ้าย-ขวากว้าง 3.50 เมตรด้านละ 1 ช่องจราจร ไหล่ทางกว้าง 2.50 เมตร (ความกว้างส่วนขยาย 2 ด้านรวมไหล่ทาง 12.00 ม.) ชั้นผิวทางหนา 0.05 เมตร ชั้นพื้นทางหินคลุกหรือชั้นพื้นทางดินซีเมนต์สำหรับก่อสร้างคันทางใหม่ และ/หรือชั้นพื้นทางวัสดุหมุนเวียนหนา 0.25 เมตรสำหรับก่อสร้างคันทางเก่า มีความหนาแน่นแห้งสม่ำเสมอที่ทดลองตาม ทล.-ท.108 (วิธีการทดลอง Compaction Test แบบสูงกว่ามาตรฐาน) ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 95 [13] ผู้วิจัยได้กำหนดสมมุติฐานบางส่วนขึ้น ดังนี้

- สมมุติให้มีลักษณะภูมิประเทศและสภาพแวดล้อมในการทำงานของเครื่องจักรระดับปานกลาง (Medium Conditions)
- สมมุติให้ชั้นผิวทางเดิมก่อนการทำงานชั้นทางวัสดุหมุนเวียนได้ถูกทำการปรับไส และขุดรื้อปรับซ่อมจุดอ่อนตัวที่เสียหายแล้ว และไม่ต้องการวัสดุผสมเพิ่มเพื่อปรับปรุงขนาดคละ
- คำนวณปริมาณงานผิวทางชั้นผิวทางเพียงชั้นเดียว และไม่ได้คำนวณปริมาณยางไพรมโค้ตหรือยางแทคโค้ต
- สมมุติให้การผลิตแอสฟัลต์คอนกรีตด้วยโรงงานผสมแบบต่อเนื่อง (Continuous Type) มีการใช้น้ำมันเตาเป็นพลังงานในการเผามวลรวม และใช้พลังงานไฟฟ้าในการทำความร้อนแอสฟัลต์ซีเมนต์สำหรับงานผิวทาง
- สมมุติให้การผลิตแอสฟัลต์ซีเมนต์ที่ผสมน้ำยางพาราใช้การผสมด้วยระบบกวนผสมยางมะตอยกับยางพารา (Pre-Blend) ก่อนนำมาผสมเป็นแอสฟัลต์คอนกรีต คิดพลังงานเพิ่มจากเดิมในส่วนของการทำให้อุณหภูมิน้ำยางพาราสามารถผสมเข้ากันได้ (จาก 120 เป็น 160 องศาเซลเซียส) [14]

4. ผลการศึกษา

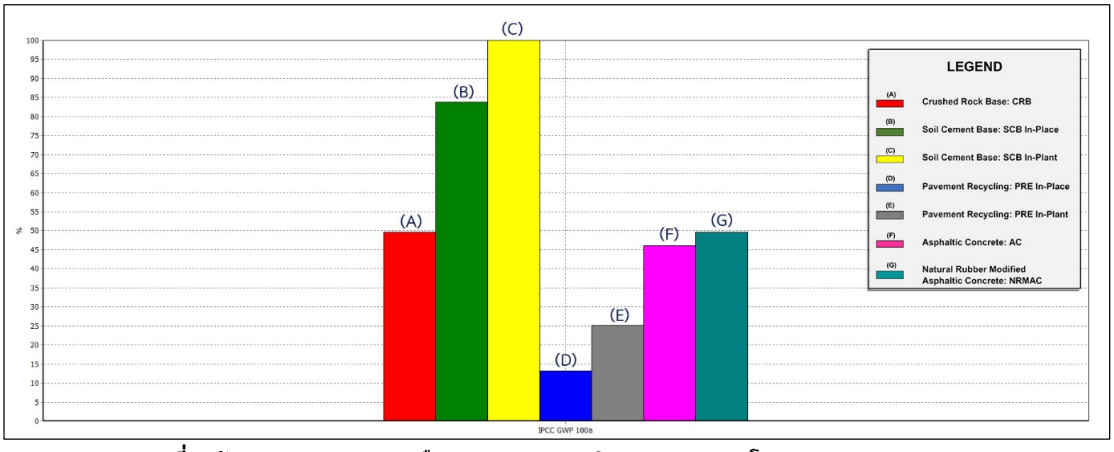
ผลลัพธ์ที่ได้จากการศึกษาตามขั้นตอนดังกล่าวทำให้ทราบถึงปริมาณการปล่อย GHG จากการก่อสร้างด้วยเทคนิคทางเลือกที่พิจารณาตามกลุ่มของกิจกรรมย่อยทั้ง 7 ตั้งแต่ (A) – (G) ดังแสดงในรูปที่ 4 พบว่ากิจกรรม (D) มีการปล่อย GHG น้อยที่สุดคือ 26,460 $kgCO_2$-e/km และกิจกรรม (C) มีการปล่อย GHG มากที่สุดคือ 200,450 $kgCO_2$-e/km ทั้งนี้เมื่อพิจารณาปริมาณการปล่อย GHG ดังกล่าวทั้ง 12 ส่วนประกอบงานพบว่าส่วนประกอบงานที่ 12 (C)+(E)+(G) ซึ่งประกอบด้วยการก่อสร้างชั้นทางด้วยกิจกรรม (C) สำหรับคันทางที่ก่อสร้างใหม่ กิจกรรม (E) สำหรับคันทางเดิม และก่อสร้างชั้นผิวทางด้วยกิจกรรม (G) เป็นรูปแบบที่มีปริมาณการปล่อย GHG รวมมากที่สุด คือ 350,000 $kgCO_2$-e/km ในทางกลับกันส่วนประกอบงานที่ 1 ซึ่งประกอบด้วยการก่อสร้างชั้นทางด้วยกิจกรรม (A) กิจกรรม (D) สำหรับคันทางเดิม และก่อสร้างชั้นผิวทางด้วยกิจกรรม (F) เป็นส่วนประกอบงานที่มีปริมาณ

การปล่อย GHG รวมน้อยที่สุด คือ 218,180 $kgCO_2$-e/km ผลลัพธ์ดังกล่าวแสดงให้เห็นถึงแนวทางหรือส่วนประกอบงานก่อสร้างทางเลือกตามส่วนประกอบงานที่ 1 เป็นส่วนประกอบงานที่มีการปล่อย GHG รวมน้อยที่สุด และเป็นส่วนประกอบงานที่เหมาะสมที่สุดที่จะแนะนำให้ผู้รับจ้างเลือกใช้เทคนิคดังกล่าวนี้

ตารางที่ 2 ปริมาณการใช้ทรัพยากรและระยะทางการขนส่งวัสดุ

Description		Materials					Energy		Transport	Emission
		agg. (ton)	soil (ton)	cement (ton)	bitumen (ton)	latex (ton)	diesel (kg)	electricity (GJ)	hauling dist. (km/trip)	CO_2-e (kg/km)
CRB	-	11,525	-	-	-	-	9,811	-	66.0	$9.955x10^4$
SCB*	In place	-	16,249	203.1	-	-	13,031	-	16.0	$16.818x10^4$
	In plant	-	16,249	203.1	-	-	12,351	369	20.1	$20.045x10^4$
PRE	In place	-	-	46.4	-	-	6,995	-	8.2	$2.646x10^4$
	In plant	-	-	46.4	-	-	7,907	267	21.9	$5.045x10^4$
AC	-	2,496	-	-	130.1	-	4,705	498	287.6	$9.227x10^4$
NRMAC	-	2,496	-	-	123.6	6.5	4,705	502	310.4	$9.995x10^4$

หมายเหตุ: * สมมุติให้ดินที่ใช้มีค่า LL. และ PI. ไม่เกินค่ากำหนดที่ต้องเติมปูนขาวเป็นวัสดุผสมเพิ่มอีก



รูปที่ 4 ร้อยละการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของ 7 กิจกรรมย่อยจากโปรแกรม SimaPro 8.0

5. อภิปรายผล

ผลการศึกษาแสดงถึงกลุ่มของส่วนประกอบงานก่อสร้างทางเลือกที่ส่งผลอย่างมีนัยสำคัญต่อปริมาณการปล่อย GHG ต่างกันได้นั้น เทคนิคการก่อสร้างกลุ่มที่ต้องมีการผสมที่โรงงานผสม (In plant) จะมีการปล่อย GHG ที่มากกว่าแบบผสมในที่ (In place) สาเหตุสำคัญเกิดจากการผสมในโรงงานผสมต้องมีการขนส่งที่เพิ่มขึ้น (Double haul) จากการขนวัสดุดินลูกรังจากแหล่งวัสดุไปยังโรงงานผสมแล้วผ่านกระบวนการผสมกับซีเมนต์ในโรงงานผสม โดยที่ในโรงงานผสมส่วนใหญ่จะมีการใช้พลังงานไฟฟ้าร่วมด้วย ก่อนขนส่งวัสดุดินซีเมนต์ที่ผสมคลุกเคล้าเข้ากันดีแล้วใส่รถบรรทุกไปยังหน้างานก่อสร้าง แม้ว่าการผสมวัสดุดินซีเมนต์แบบผสมในที่จะต้องทำงานซ้ำในการบดทับวัสดุดินให้ได้ความแน่นระดับหนึ่งก่อน (ประมาณร้อยละ 80 ของความหนาแน่นที่ต้องการ) จึงค่อยดำเนินการขุดคุ้ยวัสดุดินเพื่อผสมกับซีเมนต์ที่หน้างานสนามอีกครั้งก็ตาม แต่ก็ยังมีการปล่อย GHG ที่น้อยกว่า แสดงให้เห็นว่าปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงที่เพิ่มขึ้นจากการบดทับในรอบแรกของการก่อสร้างแบบผสมในที่ ส่งผลต่อปริมาณ

การปล่อย GHG น้อยกว่าการใช้พลังงานไฟฟ้าร่วมกับการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงจากการขนส่งที่เพิ่มขึ้นจากการขนส่งไป-กลับระหว่างแหล่งวัสดุไปยังโรงงานผสม และจากโรงงานผสมไปยังหน้างานก่อสร้างอีกครั้งหนึ่ง

อย่างไรก็ตามแม้ว่าการก่อสร้างด้วยเทคนิคทางเลือกที่ใช้การผสมที่หน้างานหรือแบบผสมในที่จะมีปริมาณการปล่อย GHG ที่น้อยกว่า แต่ในด้านการดำเนินงานภาคสนามด้วยการก่อสร้างแบบผสมในที่นั้นจะมีข้อด้อยจากการทำงานในแง่ของระยะเวลาการทำงานโดยรวมที่ช้ากว่าแบบผสมในโรงงาน เนื่องจากอัตราการผสมของการผสมในโรงงานจะมีมากกว่าการผสมในที่ ด้วยเหตุผลดังกล่าวทำให้การดำเนินงานจริงของผู้รับจ้างเพื่อร่วมมือในการเลือกวิธีการที่จะลดปริมาณการปล่อย GHG จากการก่อสร้างจึงเกิดขึ้นได้ยาก งานของผู้วิจัยในอนาคตมีเจตนาที่จะมุ่งสร้างเครื่องมือหรือเกณฑ์ในการสร้างผลตอบแทนต่อผู้รับจ้างที่ทำให้เกิดการแข่งขันเพื่อลดการปล่อย GHG โดยอาศัยการจัดลำดับของปริมาณการปล่อย GHG จากการเลือกส่วนประกอบงานก่อสร้างจากผลการศึกษานี้เพื่อมอบสิทธิประโยชน์แก่ผู้รับจ้างที่สมัครใจเลือกส่วนประกอบงานตามเทคนิคการก่อสร้างที่มีการปล่อย GHG โดยรวมน้อยที่สุด ตัวอย่างเช่น การประกวดราคาอาจให้ผู้รับจ้างเสนอวิธีการก่อสร้างตามที่ได้กำหนดไว้ เพื่อใช้ค่าการปล่อย GHG ตามที่ได้จัดลำดับไว้แล้วนำมาเพิ่มเป็นคะแนนให้ และทำให้ผู้ที่ไม่ได้เสนอราคาต่ำสุดแต่ปล่อย GHG น้อยสุดเป็นผู้ชนะการประกวดราคาได้ ท้ายที่สุดจะทำให้ผู้รับจ้างทุกรายเลือกใช้วิธีการก่อสร้างที่ปล่อย GHG น้อยที่สุด เพื่อสนองเจตนาของการก่อสร้างอย่างยั่งยืนได้ในอนาคตอันใกล้นี้

6. เอกสารอ้างอิง

[1] ทล.-ม. 204/2533. มาตรฐานพื้นดินซีเมนต์ (Soil Cement Base).

[2] ทล.-ม. 213/2543. การหมุนเวียนวัสดุชั้นทางเดิมมาใช้งานใหม่ (Pavement Recycling).

[3] White, P., et al. (2010). “Modeling climate change impacts of pavement production and construction.” Resources, Conservation and Recycling. Vol.54 No.11 : 776–782.

[4] R. H. Crawford. (2011). Life Cycle Assessment in The Built Environment. New York : Spon Press.

[5] Finkbeiner, M., et al. (2006). “The New International Standards for Life Cycle Assessment: ISO 14040 and ISO 14044.” Int J Life Cycle Assessment. Vol.11 No.2 : 80–85.

[6] Passer, A., et al. (2012). “Assessment of the environmental performance of buildings: A critical evaluation of the influence of technical building equipment on residential buildings.” Int J Life Cycle Assess. Vol.17 No.9 : 1116–1130.

[7] Hong, T., et al. (2014). “Assessment Model for Energy Consumption and Greenhouse Gas Emissions during Building Construction.” Journal of Management in Engineering. Vol.30 No.2 : 226–235.

[8] ทล.-ม. 201/2544. มาตรฐานพื้นทางหินคลุก.

[9] ทล.-ม. 408/2532. แอสฟัลต์คอนกรีต (Asphalt Concrete or Hot-Mix Asphalt).

[10] ทล.-ม. 416/2556. มาตรฐานแอสฟัลต์คอนกรีตปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ (Natural Rubber Modified Asphalt Concrete).

[11] Caterpillar. (2014). Caterpillar Performance Handbook. 44th ed. Illinois : Caterpillar.

[12] SimaPro 8.0. (2013). Introduction to LCA with SimaPro. California : PRé Consultants.

[13] ทล.-ท. 108/2517. วิธีการทดลอง Compaction Test แบบสูงกว่ามาตรฐาน.

[14] ณพรัตน์ วิชิตชลชัย และวิชัย โอภานุกูล. (2551). “เครื่องต้นแบบผสมยางมะตอยกับยางพาราชนิดน้ำยางข้นแบบเคลื่อนที่ได้.” วารสารยางพารา. ปีที่ 29 ฉบับที่ 1 : 31-45.