แนวทางการจัดทำบัญชีรายการตัดเหล็กให้เหลือเศษเหล็กเส้นน้อยที่สุดด้วยวิธีเชิงพันธุกรรม

Guidelines for Rebar Cutting Lists to Minimize Rebar Scraps by Genetic Algorithm the 28th National Convention on Civil Engineering

ปัณณาสิศ สัญญาโณ[1,*] และ ไพจิตร ผาวัน[2]

[1] นักศึกษาปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม จ.กรุงเทพมหานคร
[2] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม จ.กรุงเทพมหานคร
**Corresponding author; E-mail address: paijit.pa@spu.ac.th*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นแนวทางการจัดทำบัญชีรายการตัดเหล็กให้ได้ปริมาณเหล็กเส้นและเศษเหล็กเส้นน้อยที่สุด โดยวิธีเชิงพันธุกรรม งานวิจัยเริ่มจากการนำแบบ 2 มิติ ของอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กต้านแผ่นดินไหว 4 ชั้น มาสร้างเป็นแบบจำลอง 3 มิติ ด้วยระดับความละเอียดของโมเดล LOD300 และ LOD350 โดยอาศัยซอฟท์แวร์บิม (Software BIM) จากนั้นกำหนดรูปแบบจำลองการต่อทาบเหล็กเส้น ตามมาตรฐานโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กต้านแผ่นดินไหว มยผ. 1301/1302-61 ด้วยรูปการต่อทาบเหล็กเสา 3 รูปแบบ ได้แก่ รูปแบบที่ 1 (C1-1) ต่อทาบเหล็กยืนกึ่งกลางชั้น 2 รูปแบบที่ 2 (C1-2) ต่อทาบเหล็กยืนกึ่งกลางชั้น 3 และ รูปแบบที่ 3 (C1-3) ต่อทาบเหล็กยืนกึ่งกลางทุกชั้น ลงในแบบจำลอง ซึ่งการประมวลผลของซอฟท์แวร์บิมได้แสดงผลออกมาในรูปแบบตารางบัญชีรายการตัดเหล็กที่ประกอบด้วยข้อมูลความยาวเหล็กเส้น และจำนวนเหล็กที่ต้องการใช้ จากนั้นผู้วิจัยได้ทำการออกแบบจีเนติกอัลกอริทึมแบบจุดประสงค์เดียว และกำหนดพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องต่าง ๆ สำหรับการแก้ปัญหาการจัดทำบัญชีรายการตัดเหล็ก ด้วยวิธีการขั้นตอนเชิงพันธุกรรม คำนวณหาค่าความเหมาะสมในการใช้ปริมาณเหล็กและเศษเหล็กเส้น งานวิจัยได้ทำการเปรียบเทียบปริมาณการใช้เหล็กเส้นจากการจัดทำบัญชีรายการตัดเหล็กของวิศวกรที่มีประสบการณ์ กับการจัดทำบัญชีรายการตัดเหล็กวิธีเชิงพันธุกรรม การศึกษาพบว่าการจัดทำบัญชีรายการตัดเหล็กวิธีเชิงพันธุกรรม ของเสารูปแบบ C1-2 ใช้เหล็กที่ความยาว 12 เมตร ได้ปริมาณการใช้เหล็กเส้นน้อยที่สุด คือ 33,557.16 กิโลกรัม เศษเหล็กเหลือ 1,781.78 กิโลกรัม คิดเป็นอัตราส่วนเศษเหล็กต่อปริมาณการใช้เท่ากับ 5.31 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการใช้วิธีเชิงพันธุกรรมเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่ให้ผลลัพธ์ที่ดีใกล้เคียงตามวัตถุประสงค์ขององค์กรก่อสร้าง

คำสำคัญ: บัญชีการตัดเหล็ก, แบบจำลองสารสนเทศอาคาร, ระดับความละเอียด, วิธีเชิงพันธุกรรม

Abstract

The purpose of this research is to be a guideline for rebar cutting list to obtain the least amount of rebar and rebar scrap using Genetic Algorithm. The research started by taking the 2D model of a 4-storey earthquake-resistant reinforced concrete building to create a 3D model with the level of development LOD300 and LOD350 models by using software BIM. Then set a pattern of lapped splice of columns. According to the standards of reinforced concrete structures to resist earthquakes (DPT.1301/1302-61) with 3 patterns of lapped splice of columns, namely, Pattern 1 (C1-1) lapped splice with a rebar in the middle of the 2nd floor, pattern 2 (C1-2) lapped splice with a rebar in the middle of the 3rd floor, and pattern 3 (C1-3) lapped splice with a rebar in the middle of every floor. The results of the processing of the BIM software are displayed in the form of a rebar cutting list containing rebar length data and the amount of rebar needed. The researcher then designed a Single Objective Function and determine relevant parameters for the rebar cutting list by using a genetic algorithm method to calculate the suitability of the use of rebar and rebar scrap. The research has compared the rebar from rebar cutting list of experienced engineers and of genetic algorithm models. The study found that the genetic algorithm models rebar cutting list of the C1-2 columns use rebar at a length of 12 meters resulted in the least amount of rebar being used, which was 33,557.16 kilograms, with 1,781.78 kilograms of scrap remaining, representing the scrap ratio per amount of use equal to 5.31. This shows that the use of genetic algorithm methods is another option that produces good results close to the objectives of the construction organization.

Keywords: Rebar Cutting list, Building Information Modeling, Level of Development, Genetic algorithm

1. คำนำ

ในการก่อสร้างโครงสร้างอาคารด้วยแบบจำลอง 3 มิติ ทำขึ้นเพื่อตรวจสอบความถูกต้องในงานก่อสร้างระหว่าง แบบสถาปัตยกรรม และแบบวิศวกรรม เพื่อลดความเสียหาย และประหยัดเวลาในการตรวจสอบก่อนเริ่มงานจริง [1] การทำแบบจำลองโครงสร้างโดยอาศัยการจำลองข้อมูลอาคาร (Building Information Modeling: BIM) ด้วยโปรแกรม 3 มิติ สามารถคำนวณหาปริมาณ ได้ เช่น ในรายการบัญชีตัดเหล็ก สามารถบอกถึงการใช้จำนวนเหล็ก และความยาวตามจริงได้

รายการบัญชีตัดเหล็ก (Rebar cutting list) เป็นการวางแผนการการจัดการเศษเหล็กจากการตัดเหล็กเส้น เพื่อนำไปใช้ในการก่อสร้าง ซึ่งประกอบด้วยชนิด ขนาด จำนวน และตำแหน่งที่จะนำไปใช้ [2] แต่ทั้งนี้รายละเอียดต่าง ๆ เช่น ระยะการงอปลาย ตำแหน่ง และระยะการต่อทาบเหล็ก ต้องเป็นไปตามหลักวิศวกรรม โดยเหล็กทุกเส้นจะถูกกำหนดระยะที่จะต้องตัด และมีการระบุตำแหน่งในการนำเหล็กเส้นไปใช้งานไว้อย่างชัดเจน จึงช่วยลดปริมาณของเศษเหล็ก อีกทั้งเศษที่เหลือจากการตัดยังสามารถระบุการนำกลับไปใช้ในจุดที่เหมาะสมได้ [3]

แต่อย่างไรก็ตาม การทำรายการบัญชีตัดเหล็ก ที่มีในปัจจุบัน โดยส่วนใหญ่จะใช้ประสบการณ์ของช่างเหล็ก ในการตัดและดัดเหล็ก ไม่ใช้การทำรายการบัญชีตัดเหล็กตามที่วิศวกรได้จัดทำขึ้น จึงทำให้เศษเหล็กที่เกิดขึ้นในโครงการเกินความจำเป็น โดยเฉพาะโครงการก่อสร้างที่มีขนาดใหญ่ สาเหตุที่สำคัญอีกประการหนึ่ง คือ ปริมาณการใช้เหล็ก กับเศษเหล็กที่เหลือไม่มีความสัมพันธ์กัน เป็นเศษเหล็กที่เหลือจากการทำ Bar list มีความยาวเท่ากัน และเป็นเศษเหล็กที่สามารถนำไปใช้ในส่วนอื่น ๆ ได้ ซึ่งแสดงให้เห็นว่ารูปแบบการตัดเหล็กอาจมีเพียงรูปแบบเดียว ขาดการจัดกลุ่มการตัดเหล็ก จึงควรกำหนดวิธีการทำในการตัดเหล็กแต่ละครั้ง ให้เหมาะสมกับการนำไปใช้ภายในโครงการ

สาเหตุที่เศษเหล็กเหลือเป็นจำนวนมากเนื่องมาจากผู้ควบคุมงานขาดความรู้ความเข้าใจในการทำ bar list และไม่มีการติดตามควบคุมการทำงานอย่างใกล้ชิด อีกทั้งยังขาดเครื่องมือช่วยอำนวยความสะดวกในการตัดสินใจ รวมถึงการพิจารณาความเหมาะสมในการตัดเหล็กเส้นเพื่อให้เหลือเศษเหล็กน้อยที่สุดดังนั้นการศึกษานี้จึงได้ทำการศึกษาวิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm : GA) มาประยุกต์ใช้ในการพิจารณาความเหมาะสมจากการทำ Bar cut list และใช้ “Software BIM” (ซอฟท์แวร์บิม) ช่วยในการทำถอดแบบปริมาณเหล็กเส้น Bar cut list และการวางแผนตำแหน่งทาบเหล็ก ให้สามารถแก้ไขปัญหาเศษเหล็กในงานก่อสร้างเหลือน้อยที่สุดต้นแบบ (template) นี้ได้ถูกดัดแปลงมาจากต้นแบบของบทความที่ใช้ในการประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งก่อนหน้า โดยการจัดเตรียมได้ใช้โปรแกรม MS Word และได้บันทึกอยู่ในรูปของไฟล์ต้นแบบนามสกุล .doc เพื่อให้ผู้เขียนนำไปใช้ทราบถึงรูปแบบ (format) ต่างๆที่ใช้ในการจัดทำบทความบทความ โดยส่วนประกอบต่างๆของบทความจะต้องเหมือนกัน เพื่อให้เอกสารประกอบการประชุมเป็นไปในทางเดียวกัน เพื่อความเป็นระเบียบเรียบร้อย

บทความจะต้องประกอบด้วยส่วนต่างๆ ตามลำดับต่อไปนี้คือ ชื่อเรื่องภาษาไทย ชื่อเรื่องภาษาอังกฤษ ชื่อผู้เขียนบทความ สถาบัน ที่อยู่สถาบันอย่างละเอียด อีเมล์ของผู้เขียนและทุกท่าน โดยแสดงสัญลักษณ์ดอกจัน (*) เพื่อบ่งบอกผู้เขียนผู้รับผิดชอบบทความ สังกัด อีเมล บทคัดย่อภาษาไทย เนื้อเรื่องแบ่งเป็น บทนำ เนื้อความหลัก สรุป กิตติกรรมประกาศ (ถ้ามี) และเอกสารอ้างอิง

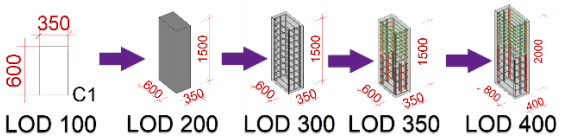
2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 แบบจำลองข้อมูลอาคาร

แบบจำลองข้อมูลอาคาร เป็นกระบวนการที่อาศัยการทำงานผ่านเทคโนโลยีระบบ Internet หรือเก็บข้อมูลไว้ในระบบ Cloud ร่วมกับซอฟท์แวร์ โดยเน้นการทำงานแบบจำลองโมเดล เป็นวัตถุ ภายในระบบจะมีค่าพารามิเตอร์)Parametric Object-Based) ซึ่งจะเก็บข้อมูล)Data) ต่าง ๆ ในรูปแบบ 2 มิติ และ 3 มิติ การทำงานจะสามารถประมวลผลได้ทั้งผังพื้น รูปด้าน รูปตัด ทัศนียภาพ รวมถึงปริมาณวัสดุก่อสร้างได้ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลง ระบบต่าง ๆ ระบบก็จะปรับเปลี่ยนให้อัตโนมัติ [4]

2.2.1 ระดับขั้นในการพัฒนาแบบ

ระดับขั้นในการพัฒนาแบบ (Level of Development : LOD) คือ ระดับความละเอียดในการพัฒนาแบบจำลอง ซึ่งหมายถึง เนื้อหา หรือข้อมูลที่ต้องการในแบบจำลองขององค์ประกอบแต่ละชิ้นส่วน ตามความก้าวหน้าของงานในแต่ละระดับขั้น จะแบ่ง LOD ออกเป็น 5 ระดับขั้น คือ LOD100 LOD200 LO300 LOD350 และ LOD400 [4] ดังรูปที่ 1 แสดงรายละเอียดการพัฒนาแบบจำลองฐานรากอาคาร



รูปที่ 1 รายละเอียดการพัฒนาแบบจำลองฐานรากอาคาร

LOD100 ใช้สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานการประมาณราคาโดยคิดจากปริมาณ พื้นที่ หรือ การประมาณราคาอย่างหยาบ เช่น จำนวนห้องพัก จำนวนเตียงในโรงพยาบาล

LOD200 องค์ประกอบของแบบจำลอง ถูกสร้างเป็นแบบทั่วไป โดยมีปริมาณ ขนาด รูปร่าง ตำแหน่ง และทิศทางแบบประมาณ ใช้สำหรับการประมาณราคาโดยคิดจากข้อมูลคร่าวๆ หรือการประมาณราคาอย่างหยาบ เช่น ปริมาตร และจำนวนขององค์ประกอบ

LOD300 องค์ประกอบของแบบจำลอง ถูกสร้างโดยเฉพาะเจาะจง มีความแม่นยำในด้าน ปริมาณ ขนาด รูปร่าง ตำแหน่ง และทิศทาง เหมาะสำหรับการทำแบบก่อสร้าง และแบบสร้างจริง

LOD350 องค์ประกอบของแบบจำลอง ถูกสร้างโดยเฉพาะเจาะจง มีความแม่นยำในด้าน ขนาด รูปร่าง ตำแหน่ง ปริมาณ และทิศทาง โดยแสดงกระบวนการผลิต การประกอบ และข้อมูลรายละเอียดอย่างสมบูรณ์ ใช้

สำหรับการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบที่ได้รับการอนุมัติแล้ว (Shop Drawing)

LOD400 องค์ประกอบของแบบจำลอง ถูกสร้างเช่นเดียวกับการสร้างจริง และมีความแม่นยำในด้าน ขนาด รูปร่าง ตำแหน่ง ปริมาณ และทิศทาง ใช้สำหรับการบำรุงรักษาอาคาร และ เปลี่ยนแปลงเพิ่มเติมภายหลัง

ต้นแบบนี้จะบอกรูปแบบของบทความที่ถูกต้อง เช่น ขนาดของกรอบความกว้างของคอลัมน์ ระยะห่างระหว่างบรรทัด และรูปแบบของตัวอักษร ห้ามปรับเปลี่ยนให้ต่างไปจากที่ระบุ กรุณาระลึกเสมอว่าบทความของท่านจะถูกนำไปรวมกับบทความอื่นๆในเอกสารประกอบการประชุม ไม่ใช่เอกสารที่พิมพ์เดี่ยวๆ ดังนั้น ควรที่จะต้องอยู่ในรูปแบบเดียวกัน อย่าขยายขนาดระยะห่างระหว่างบรรทัดเมื่อจะขึ้นย่อหน้าใหม่ ให้พิมพ์โดยไม่เว้นบรรทัด และจะต้องพิมพ์ให้เต็มคอลัมน์ก่อนที่จะขึ้นคอลัมน์ใหม่หรือขึ้นหน้าใหม่ ห้ามเว้นที่เหลือไว้ว่างเปล่า

การลำดับหัวข้อในส่วนของเนื้อเรื่อง ให้ใส่เลขกำกับ โดยให้บทนำเป็นหัวข้อหมายเลข 1 และหากมีการแบ่งหัวข้อย่อย ก็ให้ใช้เลขระบบทศนิยมกำกับหัวข้อย่อย เช่น 2.1, 2.1.1 เป็นต้น แต่ไม่ควรย่อยมากไปกว่านี้

2.2 บัญชีรายการตัดเหล็ก

รายการบัญชีการตัดเหล็ก (Rebar cutting list) เป็นวางแผนการตัดเหล็กเส้น ให้ถูกต้องตามหลักการทางวิศวกรรม โดยมีวัตถุประสงค์หลักคือสามารถระบุตำแหน่งการนำเหล็กที่ตัดไปใช้ได้อย่างแม่นยำ ให้เศษเหล็กเหลือน้อยที่สุด โดยใช้มาตรฐานโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กต้านแผ่นดินไหว มยผ. 1301/1302-61

2.2.2 มาตรฐานโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กต้านแผ่นดินไหว มยพ. 1301/1302-61

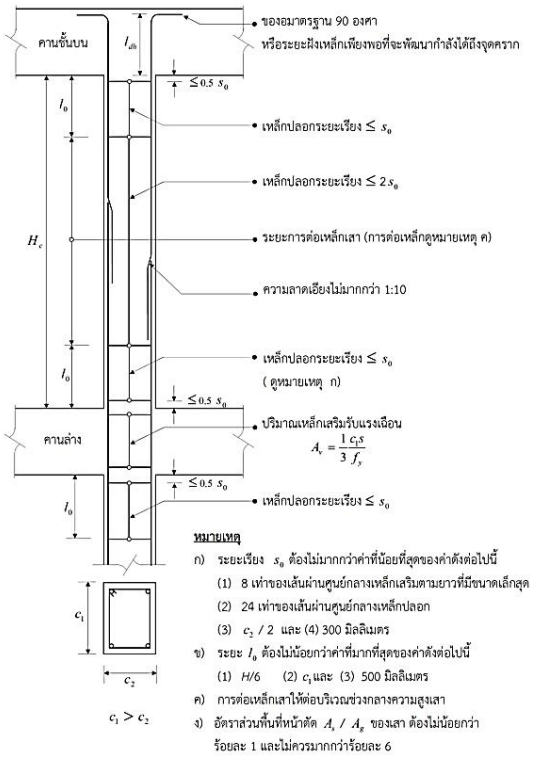
การจัดรายละเอียดเหล็กเสริมในเสา มีดังนี้ [5],[6]

ก) การต่อทาบเหล็กยืน จะต้องต่อภายในช่วงระยะกึ่งกลางเสาเท่านั้น ห้ามต่อทาบเหล็กภายในระยะความยาว l0 จากข้อต่อเสา-คาน ดังรูปที่ 2 เนื่องจากบริเวณข้อต่อเสานี้มีค่าโมเมนต์ดัดสูง

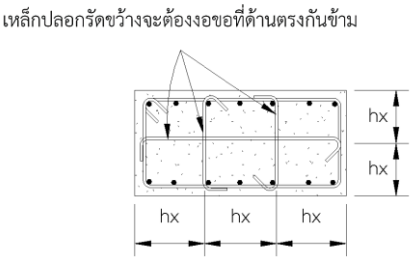
ข) เหล็กปลอกเสริมรับแรงเฉือนมีอยู่ 2 ช่วง คือ S0 บริเวณส่วนบนและส่วนล่างของข้อต่อเสา-คาน ภายในระยะความยาว l0 จากผิวรอยต่อ ซึ่งจะต้องเสริมเหล็กปลอกที่ แน่นเป็นพิเศษตามข้อกำหนด และ St บริเวณช่วงกลางเสานอกเขตระยะความยาว l0 ซึ่งจัดเหล็กปลอกตามแบบปกติ

ค) สำหรับเสาภายในข้อต่อเสา-คาน จะต้องเสริมเหล็กปลอกตามข้อกำหนด ดังนี้

หากความกว้างของคานมากกว่าหรือเท่ากับ ¾ เท่าของความกว้างของเสา ให้จัดระยะเหล็กปลอกเป็น 2S0 ดังรูปที่ 3



รูปที่ 2 รายละเอียดารเสริมเหล็กในเสา สำหรับโครงข้อแข็งที่มีความเหนียวจำกัด



รูปที่ 3 รายละเอียดเหล็กปลอกสำหรับเสา

2.3 ทฤษฎีโปรแกรมเชิงเส้น

โปรแกรมเชิงเส้นเป็นเทคนิคหรือเครื่องมือที่นำมาใช้ในการแก้ปัญหาด้านการบริหาร วิศวกรรม การแพทย์ ฯลฯ เป็นวิธีการที่ช่วยในการตัดสินใจโดยเฉพาะการปฏิบัติงานด้านการก่อสร้าง มักต้องมีการเลือกตัดสินใจก่อนและหวังผลลัพธ์ในทางที่ดีที่สุด เพื่อลดความเสี่ยง โดยที่ตัวแปรต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับปัญหานั้นต้องมีความสัมพันธ์กันในรูปเชิงเส้นตรง (All linear function) จะต้องมีองค์ประกอบที่สำคัญดังต่อไปนี้ [7]

2.2.3 เป้าหมายของปัญหา (Objective Function)

เป็นเป้าหมายที่ต้องการให้บรรลุผลสำเร็จโดยทั่วไปเป้าหมายของปัญหาเรียกว่า objective โดยลักษณะความต้องการของเป้าหมายสองแบบคือต้องการ ค่าสูงสุด (maximum) และค่าต่ำสุด (minimum) เช่น ต้องการ

ให้ได้กำไรสูงสุด ประสิทธิภาพการทำงานสูงสุด ใช้เวลาน้อยสุด ใช้เงินลงทุนต่ำสุด [8]

2.2.4 สมการแสดงขอบข่าย (constraints)

การแสดงข้อจำกัดต่าง ๆ ของปัจจัย หรือทรัพยากรในรูปสมการหรืออสมการโดยที่สมการต่าง ๆ ทั้งหมดเป็นสมการเชิงเส้น เมื่อเทียบกับตัวแปร

$$\text{Minimum } Z = C_1X_1 + C_2X_2..... + C_nX_n \quad (1)$$

Constraint เงื่อนไข ขอบเขต

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 .... a_{1n}x_n \geq b_1 \quad (2)$$

$$a_{21}x_1 + a_{21}x_2 ... a_{2n}x_n \geq b_n \quad (3)$$

อยู่ภายใต้เงื่อนไข

$$x_1, x_2 ...., x_n \geq 0 \quad (4)$$

x_j คือรูปแบบการตัดเหล็ก ซึ่งต้องการหาค่า

c_j คือ ต้นทุนของการตัดเหล็ก จะมีค่าคงที่

a_{ij} คือ จำนวนชิ้นส่วนความยาวเหล็ก i ใช้ในการตัดที่ j

b_1 คือ จำนวนที่ต้องการของแต่ละขนาดเหล็ก i

2.2.5 การเว้นระยะ

การเว้นระยะระหว่างบรรทัดสำหรับหัวข้อย่อย เช่น 2.1 และ 2.2 จะใช้ขนาดระยะ 5 จุด เนื้อเรื่องในแต่ละบรรทัดให้จัดเรียงชิดซ้ายและขวาอย่างสวยงามโดยตั้งค่า Alignment แบบ Thai Distributed (“Justify”)

กำหนดระยะในการย่อหน้าอยู่ที่ 5 มิลลิเมตร

2.4 วิธีเชิงพันธุกรรม

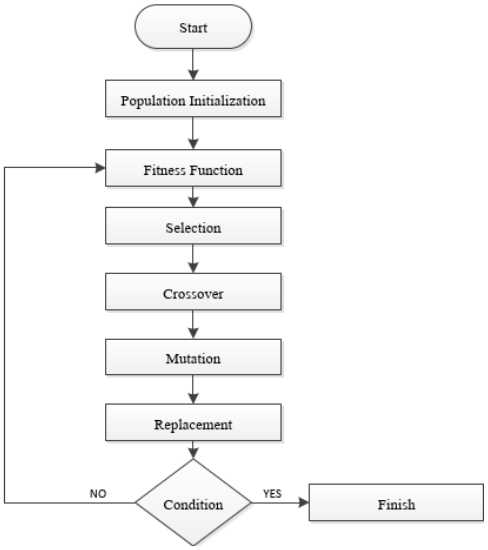
2.2.6 ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm : GA)

เป็นวิธีการค้นหาคำตอบที่เหมาะสมของปัญหา โดยเลียนแบบวิวัฒนาการทางธรรมชาติ ซึ่งแนวคิดของ ชาร์ล ดาร์วิน (Charlee Darwin) คือ ผู้ที่แข็งแกร่งกว่าย่อมมีโอกาสในการอยู่รอดมากกว่า และมีโอกาสในการถ่ายทอดไปยังรุ่นถัดไป โดยอาศัยพื้นฐานการวิวัฒนาการทางพันธุกรรมในการถ่ายทอดลักษณะต่างๆ ไปยังรุ่นต่อไป ซึ่งสามารถนำมาพัฒนา และประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาเพื่อหาคำตอบที่เหมาะสม [7]

2.2.7 ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมแบบง่าย (Simple Genetic Algorithm : SGA)

เป็นกระบวนการทำงานพื้นฐานของวิธีเชิงพันธุกรรม ประกอบด้วยขั้นตอน ดังรูปที่ 4

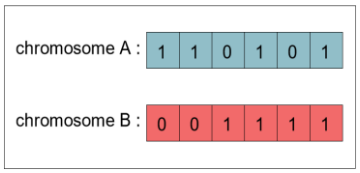
- การวางลำดับขั้นตอนในการทำงานของขั้นตอนวิฐีเชิงพันธุกรรมอาจจะพบว่ามีความแตกต่างกันไปตามการประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาของผู้วิจัยแต่ละคน



รูปที่ 4 ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมแบบง่าย

2.2.8 การเข้ารหัสโครโมโซม (Chromosome Encoding)

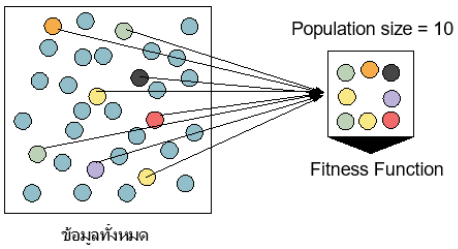
เป็นขั้นตอนการเข้ารหัสแบบเลขฐานสอง (Binary encoding) เป็นรูปแบบโครโมโซมพื้นฐานที่นำมาใช้แก้ปัญหาของขั้นตอนวิธีเชิงทางพันธุกรรมซึ่งเป็นรูปแบบที่ง่ายต่อการเข้ารหัสโครโมโซม วิธีเข้ารหัสนี้ให้แต่ละตำแหน่งของยีน ในโครโมโซมจะมีรูปแบบเป็น Bit String คือ 1 และ 0 เท่านั้น แสดงดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 แสดงการเข้ารหัสแบบเลขฐานสอง

2.2.9 การสร้างประชากรเริ่มต้น (Population Initialization)

เป็นขั้นตอนที่เกิดจากการสุ่มค่า (Random) จากกลุ่มข้อมูลที่มีอยู่ โดยยังไม่สนใจค่าความเหมาะสม แสดงดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 แสดงการสุ่มหาประชากรเริ่มต้นจำนวน 10 โครโมโซม

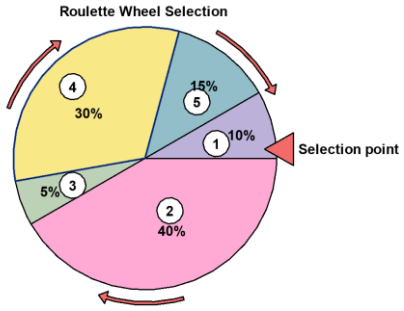
2.2.10 การประเมินค่าความเหมาะสม (Fitness Function)

เป็นการกำหนดฟังก์ชันวัตถุประสงค์ เพื่อหาค่าความเหมาะสม ที่จะนำมาใช้ในการสืบทอดไปยังโครโมโซมรุ่นใหม่ เช่น การฟังก์ชันแบบจุดประสงค์เดียว (Single Objective Function) เป็นการกำหนดฟังก์ชัน

ขึ้นมาหนึ่งฟังก์ชัน ที่ต้องการเพียงคำตอบเดียว ซึ่งเหมาะสำหรับปัญหาที่มีความซับซ้อนน้อย และไม่มีความขัดแย้งกัน

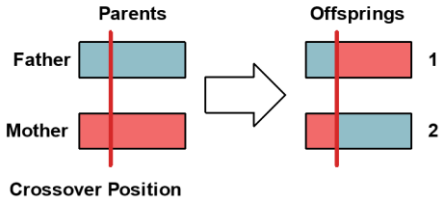
2.2.11 การดำเนินขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic Operations)

- การคัดเลือก (Selection) เป็นการคัดเลือกโครโมโซมพ่อ-แม่ จากประชากรทั้งหมด เพื่อใช้ในการกำเนิดลูกหลานในรุ่นถัดไป เช่น การคัดเลือกแบบวงล้อรูเล็ต (Roulette Wheel Selection) โครโมโซมที่มีค่าความเหมาะสมที่ดีกว่า มีโอกาสถูกเลือกสูงกว่าโครโมโซมที่ด้อยกว่า ดังรูปที่ 7

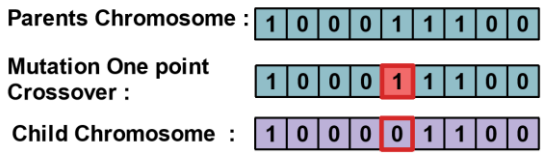


รูปที่ 7 แสดงการคัดเลือกแบบวงล้อรูเล็ต

- การสลับสายพันธุ์ (Crossover) เป็นการนำประชากรมากำหนดให้เป็นสมาชิกรุ่นพ่อกับสมาชิกรุ่นแม่ (Parent Individual) มาสลับกัน เพื่อให้ได้โครโมโซมใหม่ขึ้นมา เกิดเป็นโครโมโซมลูกตัวที่ 1 ส่วนลูกตัวที่ 2 ทำในลักษณะเดียวกัน แสดงดังรูปที่ 8 และดังรูปที่ 9



รูปที่ 8 แสดงการนำสมาชิกรุ่นพ่อกับสมาชิกรุ่นแม่มาทำการสลับสายพันธุ์



รูปที่ 9 แสดงการสลับสายพันธุ์แบบ 1 ตำแหน่ง (One-point Crossover)

- การกลายพันธุ์ (Mutation) เป็นการทำให้ค่าของโครโมโซมที่มีอยู่เดิมเกิดการเปลี่ยนแปลง และช่วยให้ค่าไม่ซ้ำอยู่กับค่าใดค่าหนึ่ง (Iteration Search) โดยทำการสุ่มตำแหน่งแล้วทำการเปลี่ยนแปลงค่าบางส่วน เช่น การกลายพันธุ์แบบกลับบิต (Bit-Flipped Mutation) ทำได้โดยการกลับค่าบิตจากค่าเดิม (Complement) คือจาก 0 เป็น 1 หรือ 1 เป็น 0 แสดงดังรูปที่ 10

รูปที่ 10 แสดงการกลายพันธุ์แบบกลับบิต

- การแทนที่ (Replacement) เป็นการนำโครโมโซมรุ่นใหม่ไปแทนที่ประชากรรุ่นเก่า เพื่อให้ได้เป็นโครโมโซมที่ดีกว่า ซึ่งในการคัดเลือกว่าโครโมโซมไหนจะถูกแทนที่มีด้วยกัน 2 วิธี คือ การแทนที่ประชากรทั้งรุ่น (Generational Genetic Algorithm) และการแทนที่ประชากรแบบบางส่วน (Partial Genetic Algorithm) เป็นต้น

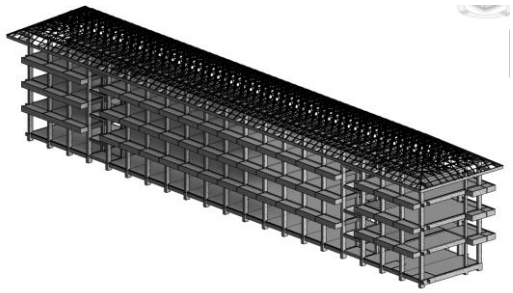
- การตรวจสอบเงื่อนไขสิ้นสุดการทำงาน (Termination Condition) การทำงานของ Genetic Algorithm เป็นวัฏจักรหมุนเวียนจนกระทั่งถึงจุดหนึ่งตามเงื่อนไข โดยทำจนพบคำตอบที่เหมาะสมที่สุด ตามที่กำหนดไว้ หากไม่เข้าเงื่อนไขดังกล่าว ให้กลับไปที่ขั้นตอนการสร้างต้นแบบแล้วทำงานซ้ำกระบวนการจนกว่าจะพบเงื่อนไขจบการทำงาน

3. กรอบงานการทำรายการบัญชีการตัดเหล็ก

กรอบงาน (Frame work) การทำรายการบัญชีตัดเหล็ก เริ่มจากการศึกษารูปแบบและรายการของโครงการ กำหนดรูปแบบการต่อทาบเหล็กยืน ตามมาตรฐานทางวิศวกรรม เช่น มาตรฐาน มยผ. มาตรฐาน วสท. ด้วยซอฟท์แวร์บิม จากนั้นพิจารณาปริมาณเหล็กเสริมที่ได้จากการประมวลผลของซอฟท์แวร์บิม แล้วนำมาสร้างแบบจำลองความเหมาะสม โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1 ศึกษารูปแบบและรายการของโครงการ

การศึกษารูปแบบและรายการของโครงการ ในการศึกษานี้ได้ใช้รูปแบบและรายการอาคารเรียน 324ล-55-ข. ของสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (สพฐ.) ซึ่งเป็นอาคารที่มีลักษณะโครงสร้างการต้านแผ่นดินไหว ดังรูปที่ 11



รูปที่ 11 แบบจำลองโครงสร้างอาคารเรียน 4 ชั้น 324ล-55ข

โดยแบบจำลองโครงสร้างอาคารมีรายละเอียด และลักษณะของเสาคอนกรีตเสริมเหล็ก 5 รูปแบบ ได้แก่ C1, C2, C3, C4 และ C5 โดยการศึกษานี้จะยกตัวอย่างของเสา C1 จำนวนทั้งหมด 30 ต้น จากเสา

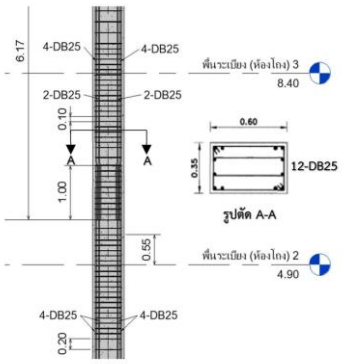
ทั้งหมด 40 ต้น มาสร้างแบบจำลอง (Modeling) และ ป้อนข้อมูลปริมาณเหล็กเส้น (Information) ตามมาตรฐานการต่อทาบเหล็กยืนลงในแบบจำลอง เพื่อหาปริมาณเหล็กและเศษเหล็ก ภายใต้ข้อกำหนดของมาตรฐาน สพฐ. โดยมีขั้นตอนต่อไปนี้

3.2 การกำหนดรูปแบบต่อทาบเหล็กยืนมาตราฐาน สพฐ.

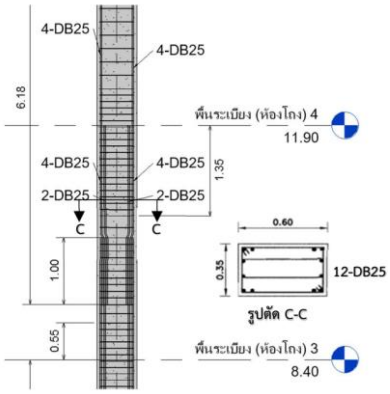
ศึกษาข้อมูลตำแหน่งเสริมเหล็ก รูปแบบและการดัดงอ ทาบเหล็ก และระยะต่อทาบเหล็กยืน ตามแบบข้อกำหนดของ สพฐ. อาคารต้านแผ่นดินไหว รูปที่ 2 ที่มีตำแหน่งกำหนดระยะการต่อทาบเหล็กบริเวณกึ่งกลางเสา เพื่อทำการสร้างรูปแบบ การต่อทาบเหล็กยืน ที่เป็นไปได้ภายใต้มาตรฐานกำหนด ของเสา C1 โดยมีรูปแบบที่เป็นไปได้ทั้งหมด 3 รูปแบบ ได้แก่ รูปแบบที่ 1 (C1-1) การต่อทาบเหล็กยืนกึ่งกลางชั้น 2 รูปแบบที่ 2 (C1-2) การต่อทาบเหล็กยืนกึ่งกลางชั้น 3 รูปแบบที่ 3 (C1-3) การต่อทาบเหล็กยืนกึ่งกลางทุกชั้น ดังรูปที่ 12, 13 และ 14 ตามลำดับ

3.3 พิจารณาปริมาณเหล็กจากซอฟแวร์บิม

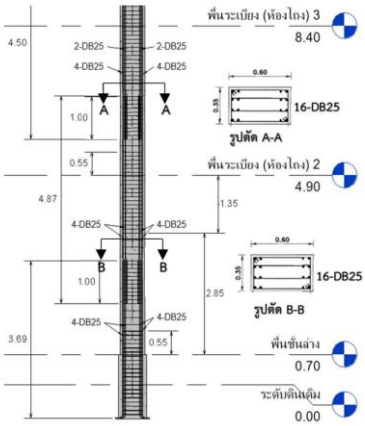
ซอฟแวร์บิม (Software BIM) จะทำการประมวลผลออกมาเป็นตารางบัญชีตัดเหล็ก ซึ่งประกอบด้วยรูปร่างการดัดงอเหล็ก จำนวนเหล็ก ความยาวเหล็ก ซึ่งข้อมูลที่ได้นี้ผู้เขียนแบบจำลองอาคาร (BIM Modeler) เป็นผู้พัฒนาขึ้นตามหลักการทางวิศวกรรม และมาตรฐานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ในกรณีนี้จะใช้เสา C1-3 มาเป็นตัวอย่างในการถอดปริมาณเหล็ก ด้วยโปรแกรม Autodesk Revit 2021 ดังรูปที่ 15 และจะถูกส่งไปให้กับผู้ควบคุมงานก่อสร้างพิจารณาจัดการเศษเหล็ก ดังตารางที่ 1



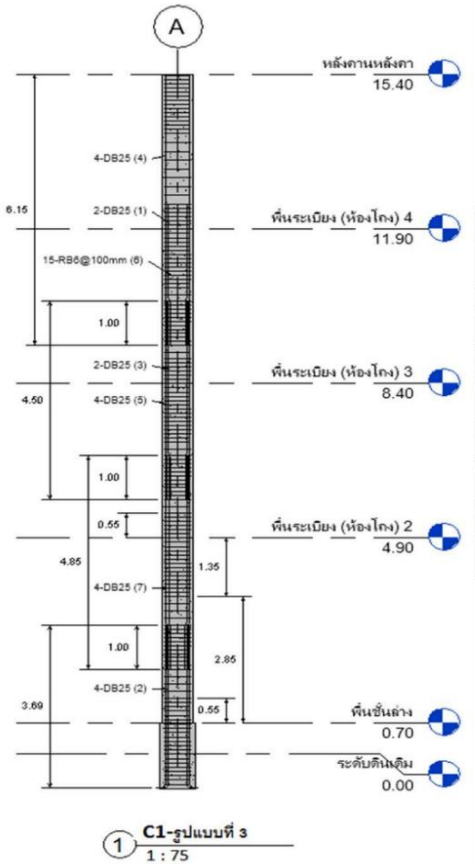
รูปที่ 12 แบบที่ 1 (C1-1) การต่อทาบเหล็กยืนกึ่งกลางชั้น 2



รูปที่ 13 แบบที่ 2 (C1-2) การต่อทาบเหล็กยืนกึ่งกลางชั้น 3



รูปที่ 14 แบบที่ 3 (C1-3) การต่อทาบเหล็กยืนกึ่งกลางทุกชั้น



Bar Cut List C1 รูปแบบที่ 3

Partition	Shape Image	Bar Diameter	Rebar Number	A	B	C	D	E	F	G	Bar Length	Total Bar Length	Quantity
C1-รูปแบบที่ 3		25 mm	1	2.15 m	0.06 m	1.00 m	0.00 m	0.00 m	0.00 m	0.00 m	3.20 m	12.80 m	4
C1-รูปแบบที่ 3		25 mm	2	0.00 m	3.70 m	0.20 m	0.00 m	0.00 m	0.00 m	0.00 m	3.84 m	61.44 m	16
C1-รูปแบบที่ 3		25 mm	3	3.45 m	0.07 m	1.00 m	0.00 m	0.00 m	0.00 m	0.00 m	4.51 m	18.04 m	4
C1-รูปแบบที่ 3		25 mm	4	1.00 m	0.06 m	5.10 m	0.00 m	0.00 m	0.00 m	0.00 m	6.15 m	49.20 m	8
C1-รูปแบบที่ 3		25 mm	5	1.00 m	0.06 m	3.46 m	0.00 m	0.00 m	0.00 m	0.00 m	4.50 m	36.00 m	8
C1-รูปแบบที่ 3		6 mm	6	0.12 m	0.19 m	0.51 m	0.19 m	0.51 m	0.00 m	0.12 m	1.61 m	489.44 m	304
C1-รูปแบบที่ 3		25 mm	7	3.81 m	0.07 m	1.00 m	0.00 m	0.00 m	0.00 m	0.00 m	4.87 m	77.92 m	16

รูปที่ 15 บัญชีการตัดเหล็กที่ของเหล็กเสา C1-3 จากการประมวลผลของซอฟท์แวร์ (BIM)

ตารางที่ 1 การจัดการเศษเหล็กจากประสบการณ์ของผู้ควบคุมงาน

รหัสเหล็ก	ขนาดเหล็ก (.มม)	ความยาวเหล็กต่อท่อน	เสา C1-3(ต้น 1)			จำนวนเสา C1-3 (ต้น 30)			การจัดการเศษเหล็ก	
			จำนวนท่อนที่ต้องการ	จำนวนเหล็กเส้นที่ใช้	เศษเหลือเมตร (ท่อน)	จำนวนท่อนที่ต้องการ	จำนวนเหล็กเส้นที่ใช้	เศษเหลือเมตร(ท่อน)	การนำไปใช้	เศษเหลือเมตร(ท่อน)
RN6	6	1.61	304	51	0.34) 50(3.56) 1(	9120	1520	0.34 (1520)	-	0.34 (1,520)
RN1	25	3.20	4	2	2.40) 1(8.80) 1(	120	40	2.4)40(	-	2.4)40(
RN2	25	3.84	16	6	0.48) 5(8.16(1)	480	160	0.48 (160)	-	0.48 (160)
RN7	25	4.50	8	4	3.00) 4(	240	120	3.04 (240)	-	3.00 (120)
RN5	25	4.51	4	2	2.98) 2(	1200	60	2.76 (120)	-	2.98 (60)
RN4	25	4.87	16	8	2.26) 8(	480	240	2.26 (240)	-	2.26 (120)
RN3	25	6.15	8	8	5.85) 8(	240	240	5.85 (240)	นำเศษไปใช้กับ RN7	0.98 (240)
รวมน้ำหนักเหล็ก (.กก)				1,500.42	407.59		43,140.8	10,356.0		4807.68

3.4 การพิจารณากลุ่มรูปแบบการตัดเหล็ก

โดยเริ่มจากการสร้างตารางที่ประกอบด้วย ความยาว จำนวน และรูปแบบวิธีการตัดเหล็กเส้น 12 เมตร ยกตัวอย่างกรณีศึกษาของเสา C1-3 จะมีรูปแบบที่เป็นได้ได้ 21 ตัวแปร (x1,x2,x3,x4,x5,...x21) ซึ่งรูปแบบวิธีการตัดเหล็ก ในแต่ละรูปแบบจะพิจารณาจากกลุ่มความยาวเหล็กที่รวมกันแล้วมีความยาวเหล็กไม่เกิน 12 เมตร ยกตัวอย่างเช่น รูปแบบที่ x1 ตัดความยาวเหล็กที่ 6.95 เมตร (Rebar Number : RN14) เป็นความยาวเหล็กที่ได้ Autodesk Revit ในกรณีนี้จะเหลือเศษเหล็ก 5.05 เมตร จำนวน 4 ท่อน นำเศษที่เหลือไปยังความยาวเหล็กที่ต้องการ 4.62 เมตร (Rebar Number : RN12) จะเหลือเศษ 0.04 เมตร ดังตารางที่ 2 และรูปแบบตัวอย่างการจัดกลุ่มเหล็กทั้ง 3 รูปแบบ ในตารางที่ 3

Patern Barcut						
	C1	C2	C3	C4	C5	C6
patern No.	3.2	3.84	4.51	6.15	4.87	4.5
X1	0	0	0	0	0	2
X2	0	0	0	0	1	1
X3	0	0	0	0	2	0
X4	0	0	0	1	0	1
X5	0	0	0	1	1	0
X6	0	0	1	0	0	1
X7	0	0	1	0	1	0
X8	0	0	1	1	0	0
X9	0	0	2	0	0	0
X10	0	1	0	1	0	0
X11	0	3	0	0	0	0
X12	1	0	0	1	0	0
X13	1	1	0	0	0	1
X14	1	1	0	0	1	0
X15	1	1	1	0	0	0
X16	1	2	0	0	0	0
X17	2	0	0	0	0	1
X18	2	0	0	0	1	0
X19	2	0	1	0	0	0
X20	2	1	0	0	0	0
X21	3	0	0	0	0	0
constrain	120	480	120	240	480	240

รูปที่ 16 การพิจารณารูปแบบการตัดเหล็กเป็นกลุ่มของเสา C1-3 กึ่งกลางเสาทุกชั้น สำหรับเหล็กขนาด DB25 ที่ความยาวไม่เกิด 12 เมตร

3.4.1 การสร้างเงื่อนไขสมการ

การสร้างามการเงื่อนไข เพื่อหาผลกลัพธ์ในทางที่ดีที่สุด ในการศึกษาครั้งนี้ สมการเป้าหมาย คือ การใช้ปริมาณเหล็กเส้นน้อยที่สุดและเหลือเศษเหล็กน้อยที่สุด (minimize) เงื่อนไขในรูปแบบสมการของเสา C1-3 มีเป้าหมาย คือหาจำนวนเหล็กเส้น ที่ใช้ปริมาณเหล็กเส้นน้อยที่สุดซึ่งรูปแบบการตัดเหล็กในหนึ่งหน่วยใช้ต้นทุน (C) เหล็ก 1 เส้น ยาว 12 เมตร ตัวแปร (X) มาจาก ข้อมูลการจัดรูปแบบการตัดเหล็กที่ได้จากตารางที่ 2 โดย มีทั้งหมด 15 ตัวแปร (X1, X2, X3, ... X21) และมีขอบเขตของเงื่อนไข คือ จำนวนท่อนที่ต้องการ (b) ของแต่ละความยาวของเสา C1-3 ซึ่งได้จากการถอดปริมาณเหล็ก เช่น ความยาว 6.15 ต้องการ 240 ท่อน อยู่ในรูปแบบ X1 จะได้ X17+X18+X19+X20+X21 ≥ 240 ลงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 สมการูปแบบ C1-3 เฉพาะเหล็ก DB25

สมการเป้าหมาย	
Minimize $Z= 1x_1+1x_2+1x_3+1x_4+1x_5...+1x_{21}$	
ข้อจำกัด	
ความยาว	รูปแบบและขอบเขต
6.15	$X_{17}+X_{18}+X_{19}+X_{20}+X_{21} \geq 240$
4.87	$X_{12}+X_{13}+X_{14}+X_{15}+2X_{16}+X_{21} \geq 480$
4.51	$X_8+X_9+X_{10}+2X_{11}+X_{15}+X_{20} \geq 120$
4.50	$X_5+X_6+2X_7+X_{10}+X_{14}+X_{19} \geq 240$
3.84	$X_2+2X_3+3X_4+X_6+X_9+X_{13}+X_{18} \geq 480$
3.20	$3X_1+2X_2+X_3+2X_5+X_6+2X_8+X_9+2X_{12}+X_{13}+X_{17} \geq 120$
ตัวแปรที่ไม่เป็นลบ	$x_1,x_2,x_3,x_4,x_5,x_6....x_{21}$

3.4.2 เปรียบเทียบการใช้ความยาวเหล็กเส้น

รูปแบบการต่อทาบเหล็กยืนทุกรูปแบบจะกำหนดให้เหล็กกลม (Round Bar : RB) มีความยาวที่ 10 เมตร และข้ออ้อยที่ 10 และ 12 เมตร โดยเปรียบเทียบตารางข้อมูลการใช้เหล็กเส้น ดังนี้ 1.) เหล็กข้ออ้อย 10 เมตร 2.) เหล็กข้ออ้อย 12 เมตร และ 3.) เหล็กข้ออ้อย 10+12 เมตร ดังตารางที่ 3 4 และ 5 ตามลำดับ มาเปรียบเทียบกันโดยมีรูปแบบการต่อทาบเหล็ก ทั้งหมด 3 รูปแบบ คือ 1.) ต่อทาบกึ่งกลางชั้น 2 2.) ต่อทาบกึ่งกลางชั้น 3 และ 3.) ต่อทาบกึ่งกลางทุกชั้น เนื่องจาก รูปแบบที่ 2 เป็นรูปแบบที่ใช้เหล็ก 12 เมตร ทำให้ไม่มีข้อมูลในตางรางที่ 6

ตารางที่ 3 การใช้เหล็กเส้นความยาว 10 เมตร

ขนาดเหล็ก	เหล็กเส้นความยาว 10 เมตร					
	รูปแบบที่ 1		รูปแบบที่ 2		รูปแบบที่ 3	
	ใช้เหล็ก (กก.)	เศษเหลือ (กก.)	ใช้เหล็ก (กก.)	เศษเหลือ (กก.)	ใช้เหล็ก (กก.)	เศษเหลือ (กก.)
RB6	102.1	4.19	102.1	4.19	113.2	4.56
DB25	1078	431.54	1063	226.1	1387	403.02
รวม	1080	435.73	1165	230.3	1500	407.6

ตารางที่ 4 การใช้เหล็กเส้นความยาว 12 เมตร

ขนาดเหล็ก	เหล็กเส้นความยาว 12 เมตร					
	รูปแบบที่ 1		รูปแบบที่ 2		รูปแบบที่ 3	
	ใช้เหล็ก (กก.)	เศษเหลือ (กก.)	ใช้เหล็ก (กก.)	เศษเหลือ (กก.)	ใช้เหล็ก (กก.)	เศษเหลือ (กก.)
RB6	102.1	4.19	-	-	113.2	4.56
DB25	1078	215.8	-	-	1232	248.98
รวม	1180	219.9	-	-	1346	253.54

ตารางที่ 5 การใช้เหล็กเส้นความยาว 10+12 เมตร

ขนาดเหล็ก	เหล็กเส้นความยาว 10+12 เมตร					
	รูปแบบที่ 1		รูปแบบที่ 2		รูปแบบที่ 3	
	ใช้เหล็ก (กก.)	เศษเหลือ (กก.)	ใช้เหล็ก (กก.)	เศษเหลือ (กก.)	ใช้เหล็ก (กก.)	เศษเหลือ (กก.)
RB6	102.1	4.19	102.1	4.19	113.2	21.3
DB25	1294	431.5	308.2	117.7	924.7	177.4
DB25(12)	-	-	693.6	46.69	277.4	40.6
รวม	1180	219.9	1103	168.62	1315.3	222.7

จากการเปรียบเทียบการใช้เหล็กเส้นความยาว 10 เมตร ความยาว 12 เมตร และความยาวผสมระหว่าง 10 +12 เมตร ร่วมกับรูปแบบการต่อทาบเหล็กยืนทั้ง 3รูปแบบ พบว่า ปริมาณการใช้เหล็กเส้นความยาว 12 เมตร รูปแบบของเสาC1-2 มีการใช้เหล็กเส้นและเหลือเศษเหล็กน้อยที่สุด การใช้เหล็กเส้นความยาว 10 เมตรรูปแบบของเสา C1-1 มีการใช้เหล็กเส้นและเหลือเศษเหล็กน้อยที่สุด และการใช้เหล็กเส้นความยาวผสมระหว่าง 10 เมตร และ 12 เมตร รูปแบบของเสาC1-2 มีการใช้เหล็กเส้นและเหลือเศษเหล็กน้อยที่สุด แสดงให้เห็นว่ารูปแบบตำแหน่งการตัดเหล็กและการใช้ความยาวเหล็กเส้น มีผลต่อการใช้เหล็กและเศษเหลือ เป็นอย่างมาก จึงแสดงให้เห็นว่าวิศวกรควบคุมงาน ต้องเข้าใจถึงการต่อทาบเหล็กยืน รวมถึงการใช้ความยาวเหล็กเส้น เพื่อให้เป็นการประหยัดมากที่สุด

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

การคำนวณผลลัพธ์รูปแบบการตัดเหล็ก ด้วยPower Query ใช้ในการช่วยสร้างสมการตัวแปรรูปแบบการตัดเหล็ก เพื่อหาปริมาณการใช้เหล็กและเหลือเศษน้อยที่สุดด้วยความยาวของเหล็กเส้นทั้ง 3รูปแบบ จึงได้สมการตัวแปรออกมา พร้อมทั้งนำข้อมูลที่ได้ทั้ง 3 รูปแบบ มาทำการเปรียบเทียบกับหน้างานก่อสร้าง เพื่อหาความแตกต่างระหว่างในทางปฏิบัติ กับโปรแกรมเชิงเส้นร่วมกับวิธีเชิงพันธุกรรม การเปรียบเทียบการตัดเหล็กเส้นจากการจัดรูปแบบด้วยประสบการณ์ของวิศวกรควบคุมงาน ที่มีการจัดทำบัญชีรายการตัดเหล็ก มาเปรียบเทียบกับการใช้โปรแกรมเชิงเส้นและวิธีเชิงพันธุกรรม ของเสา C1 ทุกรูปแบบจำนวน 30 ต้น ดังตารางที่ 6, 7, 8 ตามลำดับ

ตารางที่ 6 เปรียบเทียบระหว่างการจัดทำบัญชีรายการตัดเหล็กและไม่จัดทำบัญชีรายการตัดเหล็กของเสา C1-1 จำนวน 30 ต้น ความยาวเหล็ก 12

ขนาดเหล็ก	จัดทำบัญชีรายการตัดเหล็กตามหลังฮิวริสติก			จัดทำบัญชีรายการตัดเหล็กตามหลักการโปรแกรมเชิงเส้น			จัดทำบัญชีรายการตัดเหล็กตามหลักการวิธีเชิงพันธุกรรม		
	ใช้เหล็ก (L)(.กก)	เศษเหล็ก)R) (.กก)	อัตราส่วน R/L)%(	ใช้เหล็ก (L)(.กก)	เศษเหล็ก)R) (.กก)	อัตราส่วน R/L)%(	ใช้เหล็ก (L)(.กก)	เศษเหล็ก)R) (.กก)	อัตราส่วน R/L)%(
RB6	3041.40	103.41	3.40	3041.04	103.41	3.40	3041.04	103.41	3.40
DB25	38850.0	12950.0	33.33	38850.0	12894.5	33.33	38850.0	12894.5	33.33
รวม	41891.4	13053.41	31.16	41891.4	13052.91	31.15	41891.4	13052.91	31.15

ตารางที่ 7 เปรียบเทียบระหว่างการจัดทำบัญชีรายการตัดเหล็กและไม่จัดทำบัญชีรายการตัดเหล็กของเสา C1-2 จำนวน 30 ต้น ความยาวเหล็ก 12

ขนาดเหล็ก	จัดทำบัญชีรายการตัดเหล็กตามหลังฮิวริสติก			จัดทำบัญชีรายการตัดเหล็กตามหลักการโปรแกรมเชิงเส้น			จัดทำบัญชีรายการตัดเหล็กตามหลักการวิธีเชิงพันธุกรรม		
	ใช้เหล็ก (L)(.กก)	เศษเหล็ก)R) (.กก)	อัตราส่วน R/L)%(	ใช้เหล็ก (L)(.กก)	เศษเหล็ก)R) (.กก)	อัตราส่วน R/L)%(	ใช้เหล็ก (L)(.กก)	เศษเหล็ก)R) (.กก)	อัตราส่วน R/L)%(
RB6	3,041.40	103.41	3.40	3,041.40	103.41	3.40	3041.40	103.41	3.40
DB25	31,912.50	6,784.88	21.26	30,523.68	5397.14	17.68	30,662.42	5,535.88	18.05
รวม	34,953.9	6,888.29	19.70	33,565.08	5500.55	16.38	33,703.82	5639.29	16.73

ตารางที่ 8 เปรียบเทียบระหว่างการจัดทำบัญชีรายการตัดเหล็กและไม่จัดทำบัญชีรายการตัดเหล็กของเสา C1-3 จำนวน 30 ต้น ความยาวเหล็ก 12

ขนาดเหล็ก	จัดทำบัญชีรายการตัดเหล็กตามหลังฮิวริสติก			จัดทำบัญชีรายการตัดเหล็กตามหลักการโปรแกรมเชิงเส้น			จัดทำบัญชีรายการตัดเหล็กตามหลักการวิธีเชิงพันธุกรรม		
	ใช้เหล็ก (L)(.กก)	เศษเหล็ก)R) (.กก)	อัตราส่วน R/L)%(	ใช้เหล็ก (L)(.กก)	เศษเหล็ก)R) (.กก)	อัตราส่วน R/L)%(	ใช้เหล็ก (L)(.กก)	เศษเหล็ก)R) (.กก)	อัตราส่วน R/L)%(
RB6	3374.40	114.73	3.40	3374.40	114.73	3.40	3374.40	114.73	3.40
DB25	39,775.00	4,694.38	11.80	33,264.00	4,107.18	12.34	35009.74	5522.01	15.77
รวม	45,607.96	4,809.11	10.54	36,638.4	4,221.91	11.5	38384.14	5636.74	14.68

จากการศึกษาการจัดทำบัญชีรายการตัดเหล็กตามหลักการฮิวรีสติก ตามหลักการโปรแกรมเชิงเส้น และตามหลักการวิธีเชิงพันธุกรรม พบว่า การจัดทำบัญชีรายการตัดเหล็กของเสารูปแบบ C1-1 ใช้ความยาวเหล็กเส้น 12.00 เมตร ทั้ง 3 หลักการให้ค่าการตัดเหล็กที่เท่ากัน ได้ปริมาณการใช้เหล็กน้อยที่สุดคือ 41,891.4 กิโลกรัม เศษเหล็กเหลือ 13,053.41 กิโลกรัม คิดเป็นอัตราส่วนเศษเหล็กต่อปริมาณการใช้เท่ากับ 31.16 (ตารางที่ 6) การจัดทำบัญชีรายการตัดเหล็กของเสารูปแบบ C1-2 และใช้ความยาวเหล็กเส้น 12.00 เมตร ตามหลักการโปรแกรมเชิงเส้น ได้ปริมาณเหล็กน้อยที่สุดคือ 33565.08 กิโลกรัม เศษเหล็กเหลือ 5500.55 กิโลกรัม คิดเป็นอัตราส่วนเศษเหล็กต่อปริมาณการใช้เท่ากับ 16.38 (ตารางที่ 7) การจัดทำบัญชีรายการตัดเหล็กของเสารูปแบบ C1-3 ตามหลักโปรแกรมเชิงเส้นให้ผลลัพธ์น้อยที่สุด ใช้ความยาวเหล็กเส้น 12.00 เมตร ได้ปริมาณเหล็กน้อยที่สุดคือ 36,638.4 กิโลกรัม เศษเหล็กเหลือ 4,221.91 กิโลกรัม คิดเป็นอัตราส่วนเศษเหล็กต่อปริมาณการใช้เท่ากับ 11.5 (ตารางที่ 8) จะเห็นว่าจัดทำบัญชีรายการตัดเหล็กตามหลักการโปรแกรมเชิงเส้น ให้ปริมาณเหล็กที่ใช้ และเศษเหล็กเหลือน้อยที่สุดจากทั้ง 3 รูปแบบ

5. สรุปงานวิจัยและข้อเสนอแนะ

ผลการศึกษาพบว่า การใช้วิธีเชิงพันธุกรรมในการบริหารปริมาณการใช้เหล็กเส้น และเศษเหล็กที่เหลือจากการตัดเหล็กจากงานก่อสร้าง เป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับผู้รับเหมาหรือเจ้าของโครงการในการนำไปพัฒนาประยุกต์ใช้ในการจัดการปริมาณเหล็กก่อนการประมูลงานได้ ซึ่งการต่อทาบเหล็กยืน และการเลือกใช้ความยาวเหล็กเส้น มีผลกระทบต่อปริมาณการใช้เหล็กเส้นและเศษที่เหลือจากการตัดเหล็กเป็นอย่างมาก จึงต้องมีการวางแผนการวางตำแหน่งการต่อทาบเหล็กยืน และการจัดทำบัญชีรายการตัดเหล็ก

ซึ่ง "BIM" เป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการสร้างแบบจำลองสารสนเทศอาคาร 3 มิติ เพื่อช่วยให้บริหารจัดการปริมาณการใช้เหล็กเส้น และเศษเหล็กก่อนการทำหน้างานจริงให้น้อยลงได้

5.1 ข้อเสนอแนะ

จากการทดลองการหาค่าความเหมาะสมด้วยวิธีเชิงพันธุกรรม เพื่อช่วยในการหารูปแบบการตัดเหล็กเส้น และปริมาณการใช้เหล็กเส้นเนื่องจากรูปแบบข้อกำหนด และเงื่อนไขมีความซับซ้อน ทำให้การสร้างชุดข้อมูลและคำตอบที่ได้ไม่ชัดเจน จึงต้องหารูปแบบการตัดเหล็กเส้นโดยใช้การคำนวณด้วยทฤษฎีโปรแกรมเชิงเส้น (Solver) ใน Excel ซึ่งให้ผลลัพธ์ที่คำนวณมาในรูปแบบการตัดเหล็กและปริมาณเหล็กที่ใช้ แต่ถ้าหากเงื่อนไขที่ไม่ซับซ้อนสามารถใช้วิธีเชิงพันธุกรรมในการหาผลลัพธ์ได้ดีและเหมาะสม หรือพัฒนาโดยสร้างใช้ Visual Basicในการเขียนโค้ด เพื่อตอบสนองวัตถุประสงค์ของผู้ทำการวิจัย

6. เอกสารอ้างอิง

[1] สุพัตรา กฤษวัฒนากรณ์ (2558). การประยุกต์ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมสำหรับการจัดสถานีงาน ในกระบวนการผลิต.วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต,มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี,นครราชสีมา.

[2] อภิรักษ์ ขัดวิลาศ (2554). การประยุกต์วิธีเชิงพันธุกรรมสำหรับปัญหาการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด. วารสารวิชาการและวิจัยมทร.พระนคร.. ปีที่ 5, ฉบับที่ 2, หน้า154-155.

[3] Bhomestrure.com. (2560). Bar-Cut-List คืออะไร. แพร่หลายในประเทศไทย (ในบริเวณกรุงเทพมหานคร). สืบค้นเมื่อ 10 ตุลาคม 2564, จากเว็บไซท์:www.bhomestructure.com/752318/bar-cut-list-คืออะไร.

[4] ดร.มงคล จิรวัชรเดช TUMCIVIL.COM.รายการตัดเหล็กเสริม (Bar-Cut List) สืบค้นเมื่อ 10 ตุลาคม 2564, จากเว็บไซท์: www.engfanatic.tumcivil.com

[5] มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเหล็กเส้นเสริมคอนกรีต: เหล็กข้ออ้อย (2548). สืบค้นเมื่อ 3 ตุลาคม 2564, จากเว็บไซท์: www.tisi.go.th

[6] รุณี ไกรทอง (2557). ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมที่มีวิวัฒนาการทำงานร่วมกันเพื่อสร้างกลยุทธ์การซื้อขายหลักทรัพย์.วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต,สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์,กรุงเทพฯ.

[7] ผศ.สาโรจน์ ดำรงศีล (2559). การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กโดยวิธีหน่วยแรงใช้งาน (Working Stress Design : WSD) พิมพ์ครั้งที่ 1, หน้า 1-6.

[8] ดร.มงคล จิรวัชรเดช (2542). การออกแบบคอนกรีตเสริมเหล็ก Reinforced Concrete Design (SDM) พิมพ์ครั้งที่ 1 หน้า 1-14

[9] ไพจิตร ผาวัน, ปัณณาสิศ สัญญาโณ (2564) การประยุกต์ใช้กระบวนการแบบจำลองข้อมูลอาคารจัดทำรายการบัญชีตัดเหล็ก การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 26 กรุงเทพฯ, วันที่ 23-25 มิถุนายน 2564 การประชุมรูปแบบออนไลน์

[10] Richard Vahrenkamp (1 9 9 6). Random Search in the one-dimensional cutting stock problem. European Journal of Operational Research. 95: 191 – 200.