

การออกแบบโครงหลังคาเหล็กอย่างเหมาะสมที่สุดโดยใช้วิธีคำนวณเชิงพันธุกรรม



นางสาว ลำไพร มีทอง

ศูนย์วิทยุทรัพยากร

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2552

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

OPTIMAL DESIGN OF STEEL ROOF TRUSS USING GENETIC ALGORITHM



Miss Lumprai Meethong

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering Program in Civil Engineering

Department of Civil Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2009

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การออกแบบโครงหลังคาเหล็กอย่างเหมาะสมที่สุดโดยใช้
วิธีคำนวณเชิงพันธุกรรม

โดย

นางสาว ลำไพร มีทอง

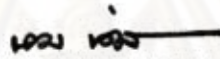
สาขาวิชา

วิศวกรรมโยธา

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

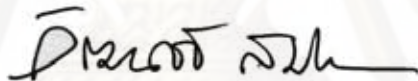
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ฉัตรพันธ์ จินตนาภักดิ์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยอนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบริหารธุรกิจ

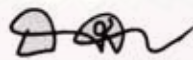


.....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร. บุญสม เลิศนรินทร์วงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์



.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วัฒนชัย สมิตถากร)



.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ฉัตรพันธ์ จินตนาภักดิ์)



.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิรัช เลิศไพฑูรย์พันธ์)

ศูนย์วิทยบริการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ลำไพร มีทอง : การออกแบบโครงหลังคาเหล็กอย่างเหมาะสมที่สุดโดยใช้วิธีคำนวณเชิงพันธุกรรม. (OPTMAL DESIGN OF STEEL ROOF TRUSS USING GENETIC ALGORITHM) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผศ. ดร. ฉัตรพันธ์ จินตนาภักดี, 66 หน้า.

งานวิจัยนี้นำเสนอการศึกษาการคำนวณออกแบบอย่างเหมาะสมที่สุด สำหรับโครงหลังคาเหล็กชนิดโครงข้อหมุนโดยใช้วิธีการคำนวณเชิงพันธุกรรม เพื่อหลีกเลี่ยงการทำซ้ำในการลองผิดลองถูกของวิศวกรผู้ออกแบบ ซึ่งอาจจะใช้เวลามากกว่าที่วิศวกรผู้ออกแบบจะได้โครงสร้างที่เหมาะสมที่สุดและประหยัด ในการศึกษาจะพัฒนาการค้นหาคำตอบที่เหมาะสมด้วยโปรแกรม Matlab ตัวแปรที่ใช้ในการหาค่าที่เหมาะสม ได้แก่ จำนวนช่วงพาดของโครงข้อหมุนหลัก ระยะช่วงย่อยของโครงข้อหมุนหลัก ความลึกของโครงข้อหมุน รูปแบบของโครงข้อหมุนหลัก ความชันของหลังคา และจำนวนช่วงระหว่างของโครงข้อหมุน งานวิจัยนี้ใช้การเข้ารหัสโครโมโซมโดยใช้ค่าตัวแปรจริงในการคำนวณเชิงพันธุกรรมซึ่งเหมาะสำหรับการคำนวณออกแบบโครงสร้าง การวิเคราะห์โครงสร้างใช้วิธีการรวมสติฟเนสโดยตรง (Direct Stiffness Method) ข้อจำกัดของปัญหาคือข้อกำหนดการออกแบบโครงสร้างเหล็กวิธีตัวคูณกำลังต้านทานและน้ำหนักบรรทุก (Load and Resistance Factor Design) ตามมาตรฐาน AISC/LRFD 2005 และใช้น้ำหนักของโครงหลังคาเหล็กที่ต่ำที่สุดเป็นค่าเป้าหมายของปัญหา ผลการศึกษาของงานวิจัยนี้ได้โปรแกรมที่ใช้ออกแบบโครงหลังคาอย่างเหมาะสมที่สุดด้วยวิธีคำนวณเชิงพันธุกรรม ซึ่งสามารถค้นหาคำตอบได้ใกล้เคียงคำตอบที่เหมาะสม สามารถนำไปใช้งานได้จริง

ศูนย์วิทยทรัพยากร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมโยธาลายมือชื่อนิสิต สัทพร ฐิทธิ
สาขาวิชา วิศวกรรมโยธาลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก สอ
ปีการศึกษา 2552

4970539421 : MAJOR CIVIL ENGINEERING

KEYWORDS : GENETIC ALGORITHM / ROOF TRUSS DESIGN / STRUCTURAL OPTIMIZATION

LUMPRAI MEETHONG : OPTIMAL DESIGN OF STEEL ROOF TRUSS USING GENETIC ALGORITHMS : THESIS ADVISOR : ASST. PROF. CHATPAN CHINTANAPAKDEE, Ph.D., 66 pp.

The aim of this research is to establish the optimal solution for steel trusses using genetic algorithm. Avoiding time consuming process for trial and error to obtain an optimum structure. In this research, the algorithm is constructed and the optimization is processed by using Matlab computer language. The unknown variable of optimization are the number of main truss span, the spacing of main truss panel, the depth of truss, the truss pattern, the slope of truss and the number of bay. The calculation process uses the real value encoding that suitable for structural design. The design method conform the AISC/LRFD 2005 specification as the constraint of the problem. Structural analysis uses the direct stiffness method. The objective of the problem is the lowest weight of the roof truss. The result gives the Matlab module that can calculate and yields near the optimum design of steel truss using genetic algorithm.



Department :..... CIVIL ENGINEERING..... Student's Signature ลุมพรี เมทอง
Field of Study :..... CIVIL ENGINEERING..... Advisor's Signature Chatpan Chintanapakdee
Academic Year :..... 2009.....

กิตติกรรมประกาศ

ในการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณต่อ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ฉัตรพันธ์ จินตนาภักดี อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เป็นอย่างสูง ที่ได้ให้คำแนะนำและความรู้ต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ในการทำวิจัย รวมทั้งกรุณาตรวจสอบและแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จ ลุล่วงอย่างสมบูรณ์

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วัฒนชัย สมิตถากร ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์, ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิรัช เลิศไพฑูรย์พันธ์ กรรมการการสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาเสียสละเวลาในการตรวจทานและให้คำแนะนำในการแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

นอกจากนี้ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่กรุณาอบรมสั่งสอนทั้งในอดีตและปัจจุบัน และที่สำคัญขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา รวมถึงญาติพี่น้องทุกคนที่คอยให้กำลังใจ รวมทั้งขอขอบพระคุณรุ่นพี่และรุ่นน้องทุกท่านที่คอยให้กำลังใจและคำแนะนำที่เป็นประโยชน์ตลอดจนความช่วยเหลือในทุกๆ ด้านจนสำเร็จการศึกษา

ศูนย์วิทยทรัพยากร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญรูป.....	ฎ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 กล่าวนำ.....	1
1.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	2
1.3 วัตถุประสงค์.....	4
1.4 ขอบเขตการวิจัย.....	4
1.5 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย.....	6
บทที่ 2 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	7
2.1 ข้อสมมติฐานในการออกแบบ.....	7
2.2 การวิเคราะห์โครงสร้างโดยวิธีการรวมสติฟเนสโดยตรง (direct stiffness method).....	7
2.3 การออกแบบหน้าตัดองค์อาคารโดยวิธีตัวคูณความต้านทานและน้ำหนักบรรทุก (load and resistance factor design, LRFD) AISC 2005.....	9
2.3.1 องค์อาคารรับแรงดึง.....	11
2.3.2 องค์อาคารรับแรงอัด.....	11
2.3.3 องค์อาคารรับแรงดัด.....	13
2.3.4 องค์อาคารรับแรงเฉือน.....	17
2.4 หลักการออกแบบโครงสร้างที่เหมาะสมที่สุด.....	17
2.5 การหาค่าที่เหมาะสมด้วยวิธีคำนวณเชิงพันธุกรรม.....	18
2.5.1 องค์ประกอบหลักของการคำนวณเชิงพันธุกรรม.....	19
2.5.2 ขั้นตอนการหาค่าที่เหมาะสมโดยวิธีคำนวณเชิงพันธุกรรม.....	20
2.5.3 ตัวอย่างการหาค่าที่เหมาะสมโดยวิธีคำนวณเชิงพันธุกรรม.....	21

บทที่ 3 การทำงานของโปรแกรม.....	24
3.1 กล่าวนำ.....	24
3.2 ตัวแปรที่ใช้ในการหาคำตอบที่เหมาะสม.....	24
3.3 การใช้วิธีคำนวณเชิงพันธุกรรมเพื่อการออกแบบโครงหลังคาเหล็ก.....	27
3.3.1 การเลือกประชากรเริ่มต้น (initial population).....	27
3.3.2 การเข้ารหัสโครโมโซมของตัวแปร (chromosome encoding).....	27
3.3.3 การคัดเลือก (selection)	28
3.3.4 การไขว้สายพันธุ์ (crossover).....	29
3.3.5 การผ่าเหล่า (mutation)	29
3.3.6 การประเมินค่าเป้าหมาย (fitness evaluation)	30
3.3.7 เงื่อนไขการหยุด (termination criteria).....	30
3.4 การออกแบบโครงสร้าง.....	30
บทที่ 4 ตัวอย่างการคำนวณออกแบบและกรณีศึกษา	32
4.1 กล่าวนำ.....	32
4.2 ตัวอย่างที่ 1.....	33
4.3 ตัวอย่างที่ 2.....	41
4.4 กรณีศึกษาที่ 1.....	45
4.5 กรณีศึกษาที่ 2.....	47
4.6 กรณีศึกษาที่ 3.....	51
4.7 กรณีศึกษาที่ 4.....	52
บทที่ 5 สรุปและวิจารณ์ผล.....	54
5.1 ผลที่ได้จากการวิจัย.....	54
5.2 สรุปผลการวิจัย.....	56
5.3 ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต	56
รายการอ้างอิง	57
ภาคผนวก	59
ภาคผนวก ก.....	60
ภาคผนวก ข.....	61

ภาคผนวก ค.....	62
ภาคผนวก ง.....	63
ภาคผนวก จ.....	64
ภาคผนวก ฉ.....	65
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	66



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 ข้อมูลรุ่นแรก	21
ตารางที่ 2.2 ผลการสืบสกุล	21
ตารางที่ 3.1 ข้อมูลเริ่มต้น	25
ตารางที่ 3.2 การเข้ารหัสของตัวแปร.....	27
ตารางที่ 3.3 การคำนวณค่าความน่าจะเป็นของแต่ละประชากร	28
ตารางที่ 4.1 ข้อมูลเริ่มต้นสำหรับตัวอย่างที่ 1	33
ตารางที่ 4.2 ผลลัพธ์ที่ได้จากการออกแบบอย่างเหมาะสมของตัวอย่างที่ 1	34
ตารางที่ 4.3 เปรียบเทียบแรงภายในสูงสุดของโครงข้อหมุนรองรับระหว่างผลจากงานวิจัยนี้และ จากโปรแกรม STAADPro	37
ตารางที่ 4.4 เปรียบเทียบแรงภายในสูงสุดของโครงข้อหมุนหลักระหว่างผลจากงานวิจัยนี้ และจากโปรแกรม STAADPro	38
ตารางที่ 4.5 ข้อมูลเริ่มต้นสำหรับตัวอย่างที่ 2	41
ตารางที่ 4.6 ผลลัพธ์ที่ได้จากการออกแบบของตัวอย่างที่ 2	42
ตารางที่ 4.7 ตัวแปรสำหรับกรณีศึกษาที่ 1.....	45
ตารางที่ 4.8 ตัวแปรสำหรับกรณีศึกษาที่ 2.....	47
ตารางที่ 4.9 เปรียบเทียบผลการออกแบบอย่างเหมาะสมของหน้าตัดชนิดต่างๆ.....	51

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 1.1 หน้าตัดเหล็กที่ใช้ในโปรแกรม.....	5
รูปที่ 1.2 รูปแบบโครงข้อหมุนที่ใช้ในโปรแกรม.....	6
รูปที่ 2.1 แกนพิกัดต่าง ๆ และแรงที่กระทำต่อชิ้นส่วนของโครงสร้าง	9
รูปที่ 2.2 การคำนวณแรงลมที่ตั้งฉากกับแนวหลังคา.....	10
รูปที่ 2.3 ขั้นตอนการหาค่าตอบที่เหมาะสมโดยวิธีคำนวณเชิงพันธุกรรม.....	20
รูปที่ 2.4 ค่าเป้าหมาย (fitness) ในแต่ละยุคข้อมูล.....	23
รูปที่ 3.1 มิติและตัวแปรที่ใช้ในการออกแบบ	24
รูปที่ 3.2 ช่วงที่ประชากรอันดับต่าง ๆ จะมีโอกาสถูกเลือก	29
รูปที่ 3.3 การไขว้สายพันธุ์.....	29
รูปที่ 3.4 การผ่าเหล่า.....	30
รูปที่ 4.1 ผลการคำนวณออกแบบโครงข้อหมุนหลักตัวริมของตัวอย่างที่ 1.....	35
รูปที่ 4.2 ผลการคำนวณออกแบบโครงข้อหมุนหลักตัวในของตัวอย่างที่ 1.....	35
รูปที่ 4.3 ผลการคำนวณออกแบบโครงข้อหมุนรองของตัวอย่างที่ 1.....	36
รูปที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักของโครงสร้างกับรุ่นประชากรตัวอย่างที่ 1.....	36
รูปที่ 4.5 ผลการคำนวณออกแบบโครงข้อหมุนหลักตัวริมของตัวอย่างที่ 2.....	43
รูปที่ 4.6 ผลการคำนวณออกแบบโครงข้อหมุนหลักตัวในของตัวอย่างที่ 2.....	43
รูปที่ 4.7 ผลการคำนวณออกแบบโครงข้อหมุนรองของตัวอย่างที่ 2.....	44
รูปที่ 4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักของโครงสร้างกับรุ่นประชากรตัวอย่างที่ 2.....	44
รูปที่ 4.9 ความสัมพันธ์ระหว่างความลึกของโครงข้อหมุนและน้ำหนักของโครงหลังคา.....	46
รูปที่ 4.10 ความสัมพันธ์ระหว่างความลึกของโครงข้อหมุนและน้ำหนักของชิ้นส่วนต่าง ๆ	46
รูปที่ 4.11 ความสัมพันธ์ระหว่างความลึกของโครงข้อหมุนและน้ำหนักรวมของโครงหลังคา โดยจำนวนช่วงพาดของโครงข้อหมุนหลักมีเท่ากับ 6, 7, 8, 9 และ 10 ช่วง	48
รูปที่ 4.12 ความสัมพันธ์ระหว่างความลึกของโครงข้อหมุนและน้ำหนักรวมของโครงหลังคา โดยใช้รูปแบบของโครงข้อหมุนหลักรูปแบบที่ 1, 2, 3, 4, 5 และ 6.....	48
รูปที่ 4.13 ความสัมพันธ์ระหว่างความลึกของโครงข้อหมุนและน้ำหนักรวมของโครงหลังคา โดยความชันของโครงหลังคามีค่าเท่ากับ 5, 10, 15 และ 20 องศา.....	49

รูปที่ 4.14 ความสัมพันธ์ระหว่างความลึกของโครงข้อหมุนและน้ำหนักรวมของโครงหลังคา โดยจำนวนช่วงระหว่างโครงข้อหมุนมีค่าเท่ากับ 8, 9, และ 10 ช่วง	50
รูปที่ 4.15 ความสัมพันธ์ระหว่างความลึกของโครงข้อหมุนและน้ำหนักรวมของโครงหลังคา โดยระยะช่วงย่อยของโครงข้อหมุนหลักมีค่าเท่ากับ 0.83, 1.00 และ 1.25 เมตร.....	50
รูปที่ 4.16 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักของโครงข้อหมุนและจำนวนประชากร	52
รูปที่ 4.17 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้ในการหาค่าที่เหมาะสมและจำนวนประชากร.....	53
รูปที่ 4.18 ความสัมพันธ์ระหว่างรุ่นประชากรที่เริ่มลู่อู่เข้าสู่ค่าตอบที่เหมาะสมและจำนวน ประชากร	53
รูปที่ ก.1 แผนภูมิสายงานการออกแบบอย่างเหมาะสมที่สุด.....	60
รูปที่ ข.1 แผนภูมิสายงานการหาน้ำหนักของโครงหลังคา	61
รูปที่ ค.1 แผนภูมิสายงานการออกแบบแป	62
รูปที่ ง.1 แผนภูมิสายงานการออกแบบโครงข้อหมุน	63
รูปที่ จ.1 แผนภูมิสายงานการหาแรงภายในที่ต้องการขององค์อาคาร	64
รูปที่ ฉ.1 แผนภูมิสายงานการหาแรงภายในที่องค์อาคารสามารถรับได้.....	65

บทที่ 1

บทนำ

1.1 กล่าวนำ

ในการออกแบบโครงสร้างมีจุดประสงค์หลักคือ ออกแบบโครงสร้างที่มีความเหมาะสมกับการใช้งาน รับน้ำหนักบรรทุกที่ใช้งานได้อย่างปลอดภัย และประหยัด สำหรับการออกแบบโครงสร้างหลังคาเหล็กชนิดโครงข้อหมุนนั้น โดยทั่วไปวิศวกรผู้ออกแบบจะทำการสุ่มเลือกขนาดของแต่ละองค์อาคาร รูปแบบการจัดเรียง ความลึกของโครงข้อหมุน ระยะห่างระหว่างเสา และระยะห่างระหว่างโครงข้อหมุนมาก่อน แล้วจึงทำการวิเคราะห์โครงสร้างทั้งหมด คำนวณหาน้ำหนักบรรทุกที่กระทำแต่ละองค์อาคาร และตรวจสอบความสามารถในการรับน้ำหนักบรรทุกของแต่ละองค์อาคาร ทำการปรับขนาดองค์อาคารด้วยวิธีลองผิดลองถูก (trial and error) จนกระทั่งได้โครงสร้างที่สามารถรับน้ำหนักบรรทุกได้ตามต้องการ การออกแบบด้วยวิธีนี้โครงสร้างที่ได้อาจไม่ใช่โครงสร้างที่ประหยัดที่สุด หากต้องการทำให้โครงสร้างประหยัดที่สุดจะต้องลองผิดลองถูกใหม่และเปรียบเทียบกับขนาดหน้าตัดเดิมขององค์อาคาร วิธีดังกล่าวนี้จะต้องใช้เวลานานกว่าจะได้โครงสร้างที่ประหยัด ดังนั้นจึงมีการเสนอแนวคิดการออกแบบอย่างเหมาะสม และการนำเอาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยในการออกแบบเพื่อลดเวลาที่ใช้ในการคำนวณ และยังได้โครงสร้างที่ประหยัด

แนวคิดในการออกแบบอย่างเหมาะสมที่สุด ได้มีการศึกษามาตั้งแต่ปี 1983 และพัฒนาต่อมาจนถึงปัจจุบัน โดยทั่วไปการออกแบบอย่างเหมาะสมที่สุดนั้นจะใช้หลักการแก้สมการซึ่งจะทำโดยการปรับสมการที่มีเงื่อนไขให้เป็นสมการที่ไม่มีเงื่อนไข โดยการรวมสมการจุดมุ่งหมายแล้วสมการเงื่อนไขให้อยู่ในสมการเดียวกัน เรียกว่า “ฟังก์ชันลากรองจ์” หลังจากนั้นจึงทำการหาจุดต่ำสุดจากสมการลากรองจ์ด้วยวิธีเชิงตัวเลข ซึ่งการหาจุดต่ำสุดจากสมการลากรองจ์นั้นมีความซับซ้อนและจะให้สมการที่หาคำตอบได้ยาก จึงได้มีการนำเสนอวิธีคำนวณเชิงพันธุกรรม (genetic algorithms, GAs) มาใช้ในการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดของสมการ เนื่องจากวิธีนี้สามารถหาคำตอบได้ง่ายและไม่ซับซ้อนเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีอื่น ๆ

วิธีคำนวณเชิงพันธุกรรม คือวิธีการหนึ่งที่ใช้ค้นหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดของปัญหาที่มีตัวแปรเป็นแบบไม่ต่อเนื่องและต่อเนื่องได้ คิดค้นขึ้นโดย Holland (1975) ซึ่งพัฒนาและจำลองวิธีการมาจากกระบวนการทางพันธุกรรม และกลไกคัดเลือกตามธรรมชาติตามทฤษฎีการอยู่รอดของชีวิตของ Charles Darwin กล่าวคือ สิ่งมีชีวิตทั้งหลายมีทั้งส่วนดีและไม่ดี ซึ่งลักษณะที่ดีจะได้รับการ

สนับสนุนให้มีการถ่ายทอดพันธุกรรมจากบรรพบุรุษไปสู่รุ่นลูกหลาน ต่อมาได้มีการพัฒนาโดย Goldberg (1989) ได้นำรายละเอียดของวิธีการคำนวณเชิงพันธุกรรมนี้มาพัฒนาในรูปของวิธีการคำนวณเชิงพันธุกรรมอย่างง่าย ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการแก้ปัญหาในงานวิศวกรรมด้านต่าง ๆ เช่น วิศวกรรมไฟฟ้า เครื่องกล โครงสร้างและเคมี เป็นต้น

1.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Jerkins (1991) ได้เสนอวิธีการใช้การคำนวณเชิงพันธุกรรมในการหาค่าเหมาะสมสำหรับตัวแปรในโครงสร้าง 2 มิติ เพื่อให้น้ำหนักโครงสร้างลดลง แต่ยังสามารถรับน้ำหนักบรรทุกที่กระทำจากภายนอกได้อย่างปลอดภัย โดยการใช้ฟังก์ชันค่าปรับ (penalty function) ในรูปแบบควอดราติกฟังก์ชัน (quadratic function) โครงสร้างที่ศึกษามี 3 แบบ ได้แก่ โครงสร้างที่เป็นโครงข้อหมุน โครงสร้างหลังคาแบบคานโครงข้อหมุน และโครงสร้างผนังบาง

Rajeev และ Krishnamoorthy (1992) ได้พัฒนาการออกแบบอย่างเหมาะสมที่สุดด้วยวิธีการคำนวณเชิงพันธุกรรม มุ่งเน้นเฉพาะการนำมาประยุกต์ใช้กับการหาขนาดที่เหมาะสมของหน้าตัดชิ้นส่วนของโครงสร้างแบบ 2 มิติ โดยกำหนดรูปแบบของควอดราติกฟังก์ชันที่แตกต่างจากการวิจัยของ Jerkins (1991) โดยแสดงการคำนวณประชากรใหม่ 3 รุ่นในรูปของตารางทำให้ง่ายต่อการเข้าใจมากยิ่งขึ้น

Sakamoto และ Oda (1993) แสดงการออกแบบอย่างเหมาะสมที่สุดสำหรับผังรูปร่างของโครงข้อหมุน โดยใช้วิธีคำนวณเชิงพันธุกรรมหาค่าของผังรูปร่างโครงข้อหมุนและหน้าตัดองค์อาคารในเวลาเดียวกัน น้ำหนักที่น้อยที่สุดของโครงสร้างเป็นฟังก์ชันวัตถุประสงค์ ค่าการเคลื่อนที่เป็นเงื่อนไขบังคับของปัญหา

Camp, Pezeshk และ Cao (1998) ได้ประยุกต์วิธีการคำนวณเชิงพันธุกรรมใช้เป็นโปรแกรมย่อยหนึ่งในโปรแกรมการวิเคราะห์แบบไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับการหาขนาดหน้าตัดที่เหมาะสมของโครงสร้างเหล็ก 2 มิติ ทั้งที่เป็นโครงข้อหมุนและโครงข้อแข็ง ซึ่งมีประสิทธิภาพมากขึ้นกว่างานวิจัยของ Rajeev และ Krishnamoorthy (1992) โดยใช้เทคนิคการสืบสกุล และการไขว้สายพันธุ์ ที่นำเสนอโดยพิจารณาจากความสามารถในการลดน้ำหนักของโครงสร้างที่ดีกว่า

Ohsaki (1995) พิจารณาการทำให้เหมาะสมทางด้านสรีระ ทำการหารูปแบบของโครงข้อหมุนโดยอาศัยรหัสพันธุกรรมที่ใช้แทนรูปแบบของโครงสร้าง เพื่อใช้กำหนดการมีอยู่ของชิ้นส่วนนั้นในโครงสร้างประกอบเข้ากับโครโมโซมที่ใช้แทนขนาดหน้าตัดของชิ้นส่วน การพัฒนาโครงสร้างจะอยู่ในรูปแบบของการลดจำนวนชิ้นส่วนภายในโครงสร้างพร้อม ๆ กับการเลือกขนาดหน้าตัดของ

ชิ้นส่วนที่เหลืออยู่ลักษณะเช่นนี้จะทำให้โครงสร้างที่ได้มีรูปร่างที่แตกต่างจากโครงสร้างเดิมทั้งจำนวนและขนาดหน้าตัดของชิ้นส่วน

Rajeev และ Krishnamoorthy (1997) เสนอการนำวิธีคำนวณเชิงพันธุกรรมเพื่อให้ในการออกแบบอย่างเหมาะสมที่สุดโดยพิจารณาทั้งการทำให้เหมาะสมทางด้านสรีระ รูปร่างและขนาดหน้าตัดของค้ำอาคารในเวลาเดียวกัน วิธีการที่เสนอนี้ประกอบไปด้วย 2 ส่วนซึ่งสามารถใช้ได้ทั้งตัวแปรต่อเนื่องและไม่ต่อเนื่อง จุดประสงค์หลักของ 2 ส่วนนี้คือลดขนาดพื้นที่ในการค้นหาคำตอบโดยการเข้าถึงค่าขอบล่างของตัวแปรอย่างอัตโนมัติ ซึ่งทำให้ได้กระบวนการหาคำตอบที่เหมาะสมที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น ส่วนแรกเป็นการประยุกต์ใช้วิธีคำนวณเชิงพันธุกรรมเพื่อให้มาถึงค่าขอบล่างสำหรับแต่ละตัวแปรที่ใช้ในการออกแบบ ในส่วนที่สองเป็นส่วนการหาค่าเหมาะสมที่สุด

Fuat และคณะ (2000) ได้เสนอการออกแบบอย่างเหมาะสมที่สุดสำหรับโครงสร้างเหล็กด้วยวิธีการคำนวณเชิงพันธุกรรม ซึ่งในการปรับขนาดหน้าตัดขององค์อาคารนั้น จะเลือกหน้าตัดขององค์อาคารจากรายงเหล็ก โดยชนิดของเหล็กที่ใช้จะพิจารณาหน้าตัดเฉพาะหน้าตัดรูปตัวไอ (I-section) และมีน้ำหนักของโครงสร้างเป็นค่าเป้าหมาย

Kalyanmoy และ Surendra (2001) ได้เสนอการออกแบบอย่างเหมาะสมที่สุด เพื่อให้ได้โครงสร้างเหล็กที่มีน้ำหนักน้อยที่สุด น้ำหนักรวมของโครงสร้างทั้งหมดเป็นค่าเป้าหมาย ปรับแก้ขนาดหน้าตัดโดยวิธีการคำนวณเชิงพันธุกรรมจนกระทั่งน้ำหนักรวมของโครงสร้างนั้นลู่เข้า ซึ่งขนาดของหน้าตัดของค้ำอาคารนั้นไม่ได้มาจากรายงเหล็กที่ใช้ทั่วไป

วิรัช เลิศไพฑูรย์พันธ์ และชัชวาล พูนลาภพานิช (2004) ศึกษาการใช้วิธีคำนวณเชิงพันธุกรรมโดยใช้ตัวแปรจริงในการออกแบบโครงหลังคาเหล็กชนิดโครงข้อหมุน โดยให้น้ำหนักของโครงสร้างที่ต่ำที่สุดเป็นเป้าหมายของปัญหา ซึ่งผลที่ได้เป็นคำตอบสำหรับการออกแบบที่เหมาะสมหรือใกล้เคียงคำตอบที่เหมาะสม โดยประสิทธิภาพของวิธีคำนวณเชิงพันธุกรรมนี้ขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย ได้แก่ จำนวนประชากร ความน่าจะเป็นในการไขว้สายพันธุ์ ความน่าจะเป็นในการผ่าเหล่า

วรนาถ แซ่มสุวรรณ (2005) ทำการศึกษาการออกแบบโครงสร้างเพื่อหาความเหมาะสมวัสดุของน้ำหนักโครงข้อหมุนที่สามารถใช้ในงานออกแบบได้จริงด้วยวิธีคำนวณเชิงพันธุกรรม เปรียบเทียบผลที่ได้จากการวิเคราะห์แบบเชิงเส้น และไม่เชิงเส้นทางเรขาคณิต ซึ่งการออกแบบเป็นไปตามมาตรฐาน AISC 2005 ทั้งวิธีกำลังที่ยอมให้ (ASD) และวิธีตัวคูณความต้านทานและน้ำหนักบรรทุก (LRFD) การเลือกชนิดของหน้าตัดของค้ำอาคารจะต้องมีการใส่หน้าตัดเริ่มต้นโดยชนิดของหน้าตัดเหล็กที่เลือกนั้นมาจากรายงเหล็กที่ใช้ทั่วไป

จะเห็นได้ว่าการออกแบบโครงสร้างอย่างเหมาะสมที่สุดได้มีการนำวิธีคำนวณเชิงพันธุกรรมมาใช้อย่างแพร่หลาย ซึ่งผลที่ได้มีความแม่นยำสูง ในงานวิจัยนี้จึงได้มีการนำวิธีคำนวณเชิงพันธุกรรมมาใช้ในการออกแบบโครงข้อหมุน และคำนึงถึงการก่อสร้างจริงซึ่งใช้มาตรฐานการออกแบบวิธีตัวคูณความต้านทานและน้ำหนักบรรทุก (Load and Resistance Factor Design, LRFD) AISC/LRFD 2005 เป็นเงื่อนไขในการออกแบบ

1.3 วัตถุประสงค์

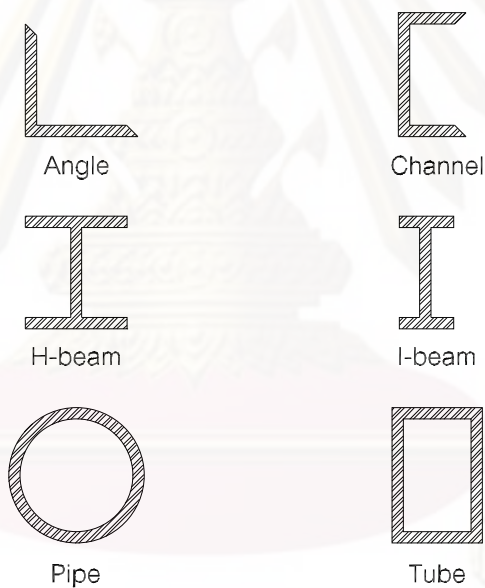
1. ศึกษาการออกแบบโครงหลังคาเหล็กชนิดโครงข้อหมุนด้วยวิธี AISC/LRFD 2005
2. ศึกษาแนวทางการออกแบบอย่างเหมาะสมที่สุดของโครงหลังคาเหล็กชนิดโครงข้อหมุน
3. ศึกษาการนำวิธีหาค่าตอบอย่างเหมาะสมที่สุดโดยวิธีคำนวณเชิงพันธุกรรมมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบโครงหลังคาเหล็กชนิดโครงข้อหมุน
4. สร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์และออกแบบโครงหลังคาเหล็กชนิดโครงข้อหมุน

1.4 ขอบเขตการวิจัย

งานวิจัยนี้จะวิเคราะห์โครงสร้างในระนาบ 2 มิติแบบแข็งเส้น โดยวิธีการรวมสติฟเนสโดยตรง (direct stiffness method) เพื่อหาแรงภายในและการเปลี่ยนตำแหน่งของโครงข้อหมุน และมีการคำนึงโครงหลังคาที่มีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

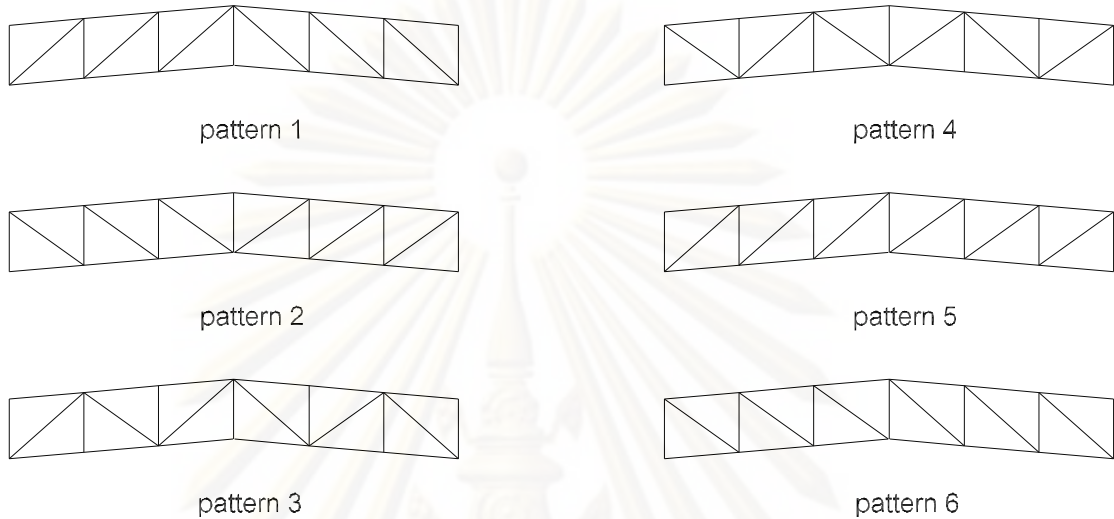
1. โครงหลังคาเหล็กชนิดโครงข้อหมุนมีฐานรองรับชนิดหมุนหรือฐานรองรับชนิดลูกกลิ้งเท่านั้น ไม่รวมไปถึงฐานรองรับชนิดยึดแน่น และฐานรองรับชนิดสปริง
2. ระดับชั้นความอิสระของโครงข้อหมุนจะพิจารณาเพียงการเคลื่อนที่ในระนาบเท่านั้น (in-plane translation) ไม่พิจารณาระดับชั้นความเสรีที่เป็นการหมุน (rotational degree of freedom) การบิดเบี้ยวของระนาบ (warping degree of freedom) และแรงภายในจะพิจารณาเพียงผลของแรงตามแนวแกนเท่านั้น
3. สำหรับองค์อาคารรับแรงอัด กำลังรับแรงอัดพิจารณาที่สภาวะขีดจำกัดจากการโก่งเดาะเนื่องจากการดัด (flexural buckling) พิจารณาสภาวะขีดจำกัดเนื่องจากการโก่งเดาะเฉพาะที่ (local buckling) ไม่พิจารณาการโก่งเดาะเนื่องจากการบิด (torsional buckling)
4. ไม่พิจารณาผลของการเยื้องศูนย์ที่จุดต่อ และผลของรูเจาะในองค์อาคาร
5. ไม่พิจารณาผลของหน่วยแรงคงค้าง (residual stress) ขององค์อาคาร

6. ระยะช่วงพาดของโครงข้อหมุนหลัก (span) ห่างเท่ากันทุก ๆ ช่วง
7. ระยะห่างระหว่างโครงข้อหมุนหลัก (bay) ห่างเท่ากันทุก ๆ ช่วง
8. ระยะช่วงย่อยของโครงข้อหมุนหลักเท่ากันทุก ๆ ช่วง
9. ระยะช่วงย่อยของโครงข้อหมุนรองเท่ากันทุก ๆ ช่วง
10. หน้าตัดขององค์อาคารที่ใช้ในการคำนวณออกแบบยึดตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย (Thailand Industrial Standard, TIS) และมาตรฐานอุตสาหกรรมญี่ปุ่น (Japanese Industrial Standard, JIS) โดยการออกแบบโครงข้อหมุนหลักและโครงข้อหมุนรองสามารถเลือกใช้หน้าตัด 6 แบบ ได้แก่ เหล็กฉาก เหล็กรางน้ำ เหล็กรูปตัวเอช เหล็กรูปตัวไอ ท่อกลม และท่อเหลี่ยม ดังแสดงในรูปที่ 1.1 ส่วนขึ้นส่วนแปออกแบบโดยใช้หน้าตัดเหล็กรางน้ำ



รูปที่ 1.1 หน้าตัดเหล็กที่ใช้ในโปรแกรม

11. รูปแบบของคานโครงข้อหมุนหลักโปรแกรมทำการคำนวณและออกแบบเพื่อหาค่าที่เหมาะสมจาก 6 รูปแบบ ดังแสดงในรูปที่ 1.2 ส่วนโครงข้อหมุนรองจะใช้รูปแบบที่ 5



รูปที่ 1.2 รูปแบบโครงข้อหมุนที่ใช้ในโปรแกรม

1.5 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง และงานวิจัยที่ผ่านมา
2. ศึกษาการเขียนโปรแกรมโดย matlab
3. สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับปัญหาด้านการออกแบบโครงข้อหมุน
4. เขียนโปรแกรม matlab ตามที่วางแผนไว้
5. ทดสอบและประเมินผลการแก้ปัญหาโดยโปรแกรมที่สร้างขึ้น
6. สรุปผลการคำนวณและวิเคราะห์ผล

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ข้อสมมติฐานในการออกแบบ

ในการออกแบบโครงข้อหมุนมีข้อสมมติฐานดังนี้

1. การถ่ายแรงของแต่ละองค์อาคารจะพิจารณาเพียงผลของแรงตามแนวแกนเท่านั้น โดยสมมติให้จุดต่อมีลักษณะเป็นข้อต่อหมุน (hinge)
2. น้ำหนักที่กระทำกับโครงสร้างให้กระทำที่จุดต่อเท่านั้น
3. ความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงและความเครียดของวัสดุมีพฤติกรรมเป็นเส้นตรง (material linear analysis)
4. องค์อาคารทุกชิ้นส่วนอยู่ในแนวเส้นตรง (perfectly straight)

2.2 การวิเคราะห์โครงสร้างโดยวิธีการรวมสติฟเนสโดยตรง (direct stiffness method)

การวิเคราะห์โครงสร้างโดยวิธีการรวมสติฟเนสโดยตรงเป็นวิธีเมตริกซ์ที่นิยมใช้วิเคราะห์โครงสร้างที่ซับซ้อน โดยวิธีนี้จะพิจารณาให้การเปลี่ยนตำแหน่งภายนอกที่ข้อต่อเป็นตัวแปรอิสระเพื่อนำไปสร้างเมตริกซ์สติฟเนส ซึ่งเป็นเมตริกซ์ที่ประกอบด้วยสัมประสิทธิ์สติฟเนสที่ให้ความสัมพันธ์ระหว่างแรงกระทำภายนอกกับการเคลื่อนที่ภายนอก ซึ่งเขียนเป็นสมการสมดุลได้ดังนี้

$$[K]\{\Delta U\} = \{\Delta F_{ext}\} \quad (2-1)$$

โดยที่

$$\begin{aligned} [K] &= \text{เมตริกซ์สติฟเนสของโครงสร้าง} \\ \{\Delta U\} &= \text{เวกเตอร์ผลต่างของการกระจัด} \\ \{\Delta F_{ext}\} &= \text{เวกเตอร์ของผลต่างของแรงภายนอก} \end{aligned}$$

เริ่มจากการคำนวณหาเมตริกซ์สติฟเนสของแต่ละองค์อาคารตามสมการต่อไปนี้

$$[K_n] = \left(\frac{AE}{L} \right)_n \begin{bmatrix} [S] & [-S] \\ [-S] & [S] \end{bmatrix} \quad (2-2)$$

และ

$$[S] = \begin{bmatrix} c^2 & cs \\ cs & s^2 \end{bmatrix}, \quad c = \cos \theta, s = \sin \theta \quad (2-3)$$

โดยที่

$[K_n]$ = เมตริกซ์สติฟเนสของชิ้นส่วน (element stiffness matrix)

L = ความยาวขององค์อาคาร

A = พื้นที่หน้าตัดขององค์อาคาร

E = ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของวัสดุ

θ = มุมระหว่างแกนระนาบพิกัดของโครงสร้างและแกนระบบพิกัดขององค์อาคาร

คำนวณหาเมตริกซ์สติฟเนสของโครงสร้างจากการนำเมตริกซ์สติฟเนสขององค์อาคาร (element stiffness matrix) ทุกชิ้นส่วนมาประกอบเข้าด้วยกัน

$$[K] = \sum_{n=1}^{NE} [K_n] \quad (2-4)$$

โดยที่

$[K]$ = เมตริกซ์สติฟเนสของโครงสร้าง (structural stiffness matrix)

NE = จำนวนชิ้นส่วน

A = การประกอบเมตริกซ์สติฟเนสของชิ้นส่วนในเมตริกซ์สติฟเนสของโครงสร้างตามตำแหน่งของ degree of freedom ตามแต่ละชิ้นส่วน

ชิ้นส่วนของโครงข้อมุมในระนาบ 2 มิติในรูปที่ 2.1 แสดงพิกัดต่างๆ และแรงที่กระทำต่อชิ้นส่วน ซึ่งเกี่ยวข้องกับตัวแปรต่าง ๆ ดังนี้

แกนพิกัด x, y เป็นระบบพิกัดของโครงสร้าง (global coordinate)

แกนพิกัด x', y' เป็นระบบพิกัดขององค์อาคาร (local coordinate)

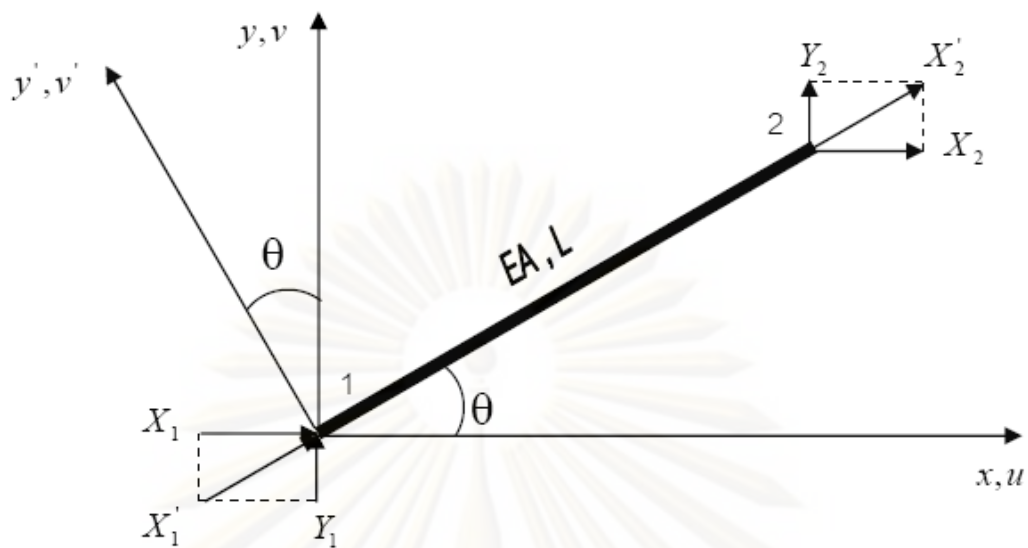
X_1, Y_1, X_2, Y_2 คือ แรงภายนอกที่มากระทำให้ทิศ x, y (ระบบพิกัดของโครงสร้าง) ที่ข้อต่อที่ 1 และ 2 ตามลำดับ

X'_1, Y'_1, X'_2, Y'_2 คือ แรงภายนอกที่มากระทำให้ทิศ x', y' (ระบบพิกัดขององค์อาคาร) ที่ข้อต่อที่ 1 และ 2 ตามลำดับ

u, v คือ การเคลื่อนที่ของข้อต่อในทิศ x, y ระบบพิกัดของโครงสร้าง

u', v' คือ การเคลื่อนที่ของข้อต่อในทิศ x', y' ระบบพิกัดขององค์อาคาร

θ คือ มุมระหว่างแกนระนาบพิกัดของโครงสร้างและแกนระบบพิกัดขององค์อาคาร



รูปที่ 2.1 แกนพิกัดต่าง ๆ และแรงที่กระทำต่อชิ้นส่วนของโครงสร้าง

2.3 การออกแบบหน้าตัดองค์อาคารโดยวิธีตัวคูณความต้านทานและน้ำหนักบรรทุก (load and resistance factor design, LRFD) AISC 2005

วิธี LRFD นี้ใช้หลักการของภาวะสุดขีดโดยมีสัดส่วนความปลอดภัยที่เหมาะสมจากการเทียบเคียงกำลังรับน้ำหนักบรรทุกโครงสร้าง ขณะที่โครงสร้างนั้นอยู่ในสภาวะที่ใกล้จะวิบัติ เขียนสมการได้ดังนี้

$$R_u \leq \phi R_n \quad (2-5)$$

โดยที่

R_u = ค่ากำลังที่ต้องการ

R_n = ค่ากำลังต้านทานขององค์อาคาร

ϕ = ค่าตัวคูณลดความต้านทาน (resistance factor)

สำหรับงานวิจัยนี้ในการออกแบบต้องพิจารณาผลของการรวมน้ำหนักและแรงกระทำต่างๆ เพื่อให้ได้น้ำหนักบรรทุกใช้งานสูงสุดที่กระทำต่อโครงสร้าง 5 กรณี ตามมาตรฐาน ASCE 7-05 ดังนี้

กรณีที่ 1 1.4DL (2-6)

กรณีที่ 2 1.2DL+1.6LL (2-7)

กรณีที่ 3 1.2DL+0.8WL (2-8)

กรณีที่ 4 1.2DL+1.6WL+0.5LL (2-9)

กรณีที่ 5 0.9DL+1.6WL (2-10)

โดยที่

DL = น้ำหนักบรรทุกคงที่

LL = น้ำหนักบรรทุกจร

WL = น้ำหนักบรรทุกเนื่องจากแรงลม

โดยน้ำหนักบรรทุกเนื่องจากแรงลมคำนวณจากวิธีการที่เสนอโดยคณะกรรมการของ ASCE ตามแสดงในรูปที่ 2.2 ซึ่งจะพิจารณาตามความชันของโครงหลังคา ดังนี้

ด้านเหนือลม

$$\theta \geq 60^\circ : p_n = +(0.45)p \quad (2-11)$$

$$30^\circ < \theta \leq 60^\circ : p_n = +(0.015\theta - 0.45)p \quad (2-12)$$

$$20^\circ < \theta \leq 30^\circ : p_n = +(0.060\theta - 1.80)p \quad (2-13)$$

$$0^\circ \leq \theta \leq 20^\circ : p_n = -(0.6)p \quad (2-14)$$

ด้านใต้ลม

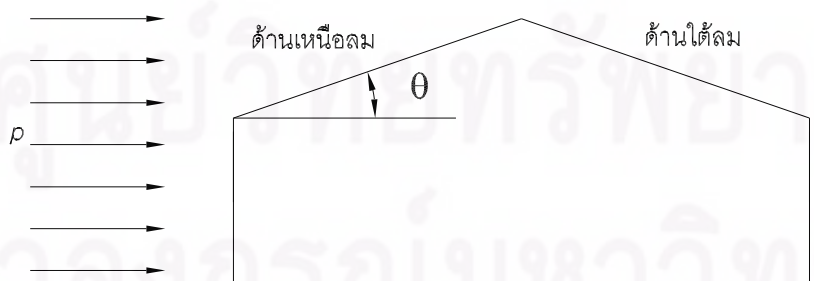
$$\theta > 0^\circ : p_n = -(0.45)p \quad (2-15)$$

โดยที่

θ = มุมลาดเอียงของโครงหลังคา

p = แรงลมที่กระทำด้านข้าง

p_n = แรงลมที่กระทำตั้งฉากกับแนวหลังคา ค่าเป็นบวกหมายถึงแรงดัน
ค่าเป็นลบหมายถึงแรงยก



รูปที่ 2.2 การคำนวณแรงลมที่ตั้งฉากกับแนวหลังคา

2.3.1 องค์อาคารรับแรงดึง

2.3.1.1 อัตราส่วนความชะลูด (slenderness)

สำหรับองค์อาคารรับแรงดึงไม่มีขีดจำกัดอัตราส่วนความชะลูด แต่เพื่อป้องกันการหย่อนดกที่องข้าง ค่าอัตราส่วนความชะลูดไม่ควรเกิน 300

$$\lambda = \frac{KL}{r} \quad (2-16)$$

โดยที่

- λ = อัตราส่วนความชะลูด
- K = สัมประสิทธิ์ความยาวประสิทธิผล
- L = ความยาวอิสระที่ไม่มีการยึดด้านข้าง
- r = รัศมีไจเรชั่น

2.3.1.2 กำลังรับแรงดึง

กำลังรับแรงดึงสำหรับองค์อาคารรับแรงดึงพิจารณาภาวะขีดจำกัดการคราก (yielding) ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด คือ

$$T_u \leq \phi_t T_n = 0.90 F_y A_g \quad (2-17)$$

โดยที่

- T_u = กำลังรับแรงดึงที่ต้องการ
- T_n = กำลังรับแรงดึงระบุในแนวแกน
- F_y = หน่วยแรงที่จุดคราก
- A_g = เนื้อที่หน้าตัดทั้งหมด
- ϕ_t = ค่าตัวคูณลดความต้านทานสำหรับองค์อาคารรับแรงดึง
- = 0.90

2.3.2 องค์อาคารรับแรงอัด

2.3.2.1 อัตราส่วนความชะลูด (slenderness)

อัตราส่วนความชะลูดเป็นข้อกำหนดอย่างต่ำเพื่อไม่ให้องค์อาคารมีความชะลูดมากเกินไป ซึ่งจะทำให้เกิดการโก่งเดาะในระนาบ สำหรับองค์อาคารรับแรงอัดอัตราส่วนชะลูดต้องไม่เกิน 200

2.3.2.2 กำลังรับแรงอัดสำหรับการโก่งเดาะเนื่องจากการตัด

กำลังรับแรงอัดที่ต้องการต้องมีค่าไม่เกินกำลังรับแรงอัดระบุคุณด้วยตัวลดความต้านทานสำหรับองค์อาคารรับแรงอัด ดังนี้

$$P_u \leq \phi_c P_n \quad (2-18)$$

โดยที่

$$\begin{aligned} P_u &= \text{กำลังรับแรงอัดที่ต้องการ} \\ P_n &= \text{กำลังรับแรงอัดระบุ} \\ \phi_c &= \text{ค่าตัวลดความต้านทานสำหรับองค์อาคารรับแรงอัด} \\ &= 0.90 \end{aligned}$$

กำลังรับแรงอัดระบุซึ่งขึ้นส่วนขององค์อาคารเป็นหน้าตัดแบบอัดแน่น จะพิจารณาออกเป็น 2 ช่วงคือ ช่วงอินอีลาสติกและอีลาสติก ดังนี้

(1) กำลังรับแรงอัดที่ยอมให้ในช่วงอินอีลาสติก

$$\text{เมื่อ } \frac{KL}{r} \leq 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \text{ หรือ } F_e \geq 0.44F_y$$

$$P_n = \left[0.658 \frac{F_y}{F_e} \right] F_y A_g \quad (2-19)$$

โดยที่

$$\begin{aligned} P_n &= \text{กำลังรับแรงอัดระบุ} \\ F_e &= \text{หน่วยแรงของออยเลอร์} = \frac{\pi^2 E}{(KL/r)^2} \\ A_g &= \text{เนื้อที่หน้าตัดทั้งหมด} \end{aligned} \quad (2-20)$$

(2) กำลังรับแรงอัดที่ยอมให้ในช่วงอีลาสติก

$$\text{เมื่อ } \frac{KL}{r} > 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \text{ หรือ } F_e < 0.44F_y$$

$$P_n = 0.877 F_e A_g \quad (2-21)$$

โดยที่

P_n = กำลังรับแรงอัดระบุ

F_e = หน่วยแรงของออยเลอร์ = $\frac{\pi^2 E}{(KL/r)^2}$

A_g = เนื้อที่หน้าตัดทั้งหมด

2.3.3 องค์อาคารรับแรงดัด

กำลังรับแรงดัดที่ต้องการต้องมีค่าไม่เกินกำลังรับแรงดัดระบุคูณด้วยตัวลดความต้านทานสำหรับองค์อาคารรับแรงดัด ดังนี้

$$M_u \leq \phi_b M_n \quad (2-22)$$

โดยที่

M_u = กำลังรับแรงดัดที่ต้องการ

M_n = กำลังรับแรงดัดระบุ

ϕ_b = ค่าตัวคูณลดความต้านทานสำหรับองค์อาคารรับแรงดัด

= 0.90

2.3.3.1 กำลังรับแรงดัดของหน้าตัดเหล็กทรงน้ำที่รับแรงดัดรอบแกนหลัก

กำลังรับแรงดัดของหน้าตัดเหล็กทรงน้ำที่รับแรงดัดรอบแกนหลักคือค่าน้อยกว่าของกำลังรับแรงดัดที่สภาวะขีดจำกัดการคราก และกำลังรับแรงดัดที่สภาวะขีดจำกัดการโก่งเดาะด้านข้างจากแรงบิด

(1) การคราก (yielding)

$$M_n = M_p = F_y Z_x \quad (2-23)$$

โดยที่

M_p = กำลังรับแรงดัดพลาสติก

F_y = หน่วยแรงที่จุดคราก

Z_x = โมเมนต์ล้นหน้าตัดพลาสติกทรงรอบแกน x

(2) การโก่งเดาะด้านข้างเนื่องจากแรงบิด (lateral-torsional buckling)

- เมื่อ $L_b \leq L_p$ ไม่เกิดการโก่งเดาะด้านข้างเนื่องจากแรงบิด

- เมื่อ $L_p < L_b \leq L_r$

$$M_n = C_b \left[M_p - (M_p - 0.7F_y S_x) \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \leq M_p \quad (2-24)$$

- เมื่อ $L_b > L_r$

$$M_n = F_{cr} S_x \leq M_p \quad (2-25)$$

โดยที่

L_b = ระยะระหว่างจุดค้ำยันเพื่อป้องกันการเคลื่อนที่ด้านข้างของปีกรับแรงอัด

C_b = ค่าตัวคูณดัดแปลงสำหรับโมเมนต์ไดอะแกรมที่ไม่คงที่ตลอดแนวแกน

= 1.14

$$F_{cr} = \frac{C_b \pi^2 E}{\left(\frac{L_b}{r_{ts}} \right)^2} \sqrt{1 + 0.078 \frac{Jc}{S_x h_0} \left(\frac{L_b}{r_{ts}} \right)^2} \quad (2-26)$$

E = โมดูลัสยืดหยุ่นของเหล็ก

J = ค่าคงที่การบิด

S_x = โมดูลัสหน้าตัดรอบแกน x

L_p = ขีดจำกัดของระยะที่ไม่มีการค้ำยันด้านข้างสำหรับความสามารถในการดัดแบบพลาสติกเต็มที

$$= 1.76 r_y \sqrt{E/F_y} \quad (2-27)$$

L_r = ขีดจำกัดของระยะที่ไม่มีการค้ำยันด้านข้างสำหรับการโก่งเดาะด้านข้างแบบอินelasติกเนื่องจากการบิด

$$= 1.95 r_{ts} \frac{E}{0.7 F_y} \sqrt{\frac{Jc}{S_x \cdot h_0}} \sqrt{1 + \sqrt{1 + 6.76 \left(\frac{0.7 F_y S_x h_0}{E Jc} \right)^2}} \quad (2-28)$$

$$r_{ts}^2 = \frac{\sqrt{I_y C_w}}{S_x} \quad (2-29)$$

$$c = \frac{h_0}{2} \sqrt{\frac{I_y}{C_w}} \quad (2-30)$$

h_0 = ระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางของปีกของหน้าตัด

I_y = โมเมนต์อินเนอร์เซียรอบแกน y

C_w = ค่าคงที่ของการบิดเบี้ยว

2.3.3.2 กำลังรับแรงดัดของหน้าตัดเหล็กทรงน้ำที่รับแรงดัดรอบแกนรอง

กำลังรับแรงดัดของหน้าตัดเหล็กทรงน้ำที่รับแรงดัดรอบแกนรองคือค่าน้อยกว่าของกำลังรับแรงดัดที่สภาวะขีดจำกัดการคราก และกำลังรับแรงดัดที่สภาวะขีดจำกัดการโก่งเดาะเฉพาะที่ที่ปีกของหน้าตัด

(1) การคราก (yielding)

$$M_n = M_p = F_y Z_y \leq 1.6 F_y S_y \quad (2-31)$$

โดยที่

M_n = กำลังรับแรงดัดระบุ

M_p = กำลังรับแรงดัดพลาสติก

F_y = หน่วยแรงที่จุดคราก

Z_y = โมดูลัสหน้าตัดพลาสติกกรอบแกน y

S_y = โมดูลัสหน้าตัดรอบแกน y

(2) การโก่งเดาะเฉพาะที่ที่ปีกของหน้าตัด (flange local buckling)

มาตรฐาน AISC/LRFD 2005 จำแนกประเภทปีกของหน้าตัดเป็น 3 แบบโดยใช้อัตราส่วนระหว่างความกว้างของปีกต่อความหนาของปีก ซึ่งใช้สัญลักษณ์ λ_f เป็นตัวกำหนด ดังนี้

$$\lambda_f = \frac{b_f}{t_f} \quad (2-32)$$

โดยที่

b_f = ความกว้างของปีกหน้าตัด

t_f = ความหนาของปีกหน้าตัด

(i) หน้าตัดแบบอัดแน่น ($\lambda_f \leq \lambda_p$) ไม่เกิดการโก่งเดาะเฉพาะที่

(ii) หน้าตัดแบบไม่อัดแน่น ($\lambda_p < \lambda_f \leq \lambda_r$)

$$M_n = \left[M_p - (M_p - 0.7 F_y S_y) \cdot \left(\frac{\lambda_f - \lambda_p}{\lambda_r - \lambda_p} \right) \right] \quad (2-33)$$

(iii) หน้าตัดแบบชะลูด ($\lambda_f > \lambda_r$)

$$M_n = F_{cr} S_y \quad (2-34)$$

โดยที่

$$F_{cr} = \frac{0.69E}{\left(\frac{b_f}{2t_f}\right)^2} \quad (2-35)$$

$$\begin{aligned} \lambda_p &= \text{ขีดจำกัดของหน้าตัดอัดแน่น} \\ &= 0.38\sqrt{E/F_y} \end{aligned} \quad (2-36)$$

$$\begin{aligned} \lambda_r &= \text{ขีดจำกัดของหน้าตัดไม่อัดแน่น} \\ &= 1.0\sqrt{E/F_y} \end{aligned} \quad (2-37)$$

2.3.3.3 กำลังรับแรงอัดสำหรับองค์อาคารรับแรงดัดสองทาง

ต้องพิจารณาออกแบบโดยใช้สมการ Interaction ตามที่มาตรฐาน AISC/LRFD 2005 กำหนด ดังนี้

$$\left(\frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}}\right) \leq 1.0 \quad (2-38)$$

โดยที่

$$\begin{aligned} M_{rx} &= \text{กำลังรับแรงดัดที่ต้องการตามแกน x} \\ M_{ry} &= \text{กำลังรับแรงดัดที่ต้องการตามแกน y} \\ M_{cx} &= \phi_b M_{nx} \end{aligned} \quad (2-39)$$

$$\begin{aligned} M_{nx} &= \text{กำลังรับแรงดัดระบุตามข้อ 2.3.3.1} \\ M_{cy} &= \phi_b M_{ny} \end{aligned} \quad (2-40)$$

$$\begin{aligned} M_{ny} &= \text{กำลังรับแรงดัดระบุตามข้อ 2.3.3.2} \\ \phi_b &= \text{ค่าตัวคูณลดความต้านทานสำหรับองค์อาคารรับแรงดัด} \\ &= 0.90 \end{aligned}$$

2.3.3.4 การโก่งขององค์อาคารรับแรงดัด

การโก่งขององค์อาคารรับแรงดัดเนื่องจากน้ำหนักบรรทุกจะต้องมีค่าไม่เกินค่าขีดจำกัด ดังนี้

$$\Delta = \frac{5WL^4}{348EI} < \frac{L}{360} \quad (2-41)$$

โดยที่

$$\begin{aligned}\Delta &= \text{ระยะโค้งขององค์อาคาร} \\ W &= \text{น้ำหนักบรรทุกทุกที่กระทำ} \\ L &= \text{ความยาวขององค์อาคาร}\end{aligned}$$

2.3.4 องค์อาคารรับแรงเฉือน

กำลังรับแรงเฉือนที่ต้องการต้องมีค่าไม่เกินกำลังรับแรงเฉือนระบุคุณด้วยตัวลดความต้านทานสำหรับองค์อาคารรับแรงเฉือน ดังนี้

$$V_u \leq \phi_v V_n \quad (2-42)$$

โดยที่

$$\begin{aligned}V_u &= \text{กำลังรับแรงเฉือนที่ต้องการ} \\ V_n &= \text{กำลังรับแรงเฉือนระบุ} \\ \phi_v &= \text{ค่าตัวคูณลดความต้านทานสำหรับองค์อาคารรับแรงเฉือน} \\ &= 0.90\end{aligned}$$

กำลังรับแรงเฉือนระบุสำหรับเหล็กฐานน้ำซึ่งเป็นหน้าตัดแบบอัดแน่น หาได้จากสมการต่อไปนี้

$$V_n = 0.6F_y A_w C_v \quad (2-43)$$

โดยที่

$$\begin{aligned}F_y &= \text{หน่วยแรงที่จุดคราก} \\ A_w &= \text{พื้นที่รับแรงเฉือน} \\ C_v &= \text{อัตราส่วนหน่วยแรงวิฤติที่แผ่นเอว} \\ &= 1.0\end{aligned}$$

2.4 หลักการออกแบบโครงสร้างที่เหมาะสมที่สุด

การออกแบบอย่างเหมาะสมที่สุด คือการหาจุดที่เหมาะสมที่สุดที่บรรลุวัตถุประสงค์ที่กำหนด และมีการสิ้นเปลืองทรัพยากรน้อยที่สุด หรืออีกนัยหนึ่งก็คือค้นหาวิธีการที่มีประสิทธิภาพที่สุด เนื่องจากชุดคำตอบจากการออกแบบที่เหมาะสมที่สุดเป็นคำตอบที่เหมาะสมที่สุดภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด เช่น

1) จุดประสงค์ ซึ่งอาจเป็นน้ำหนัก ปริมาตร ราคาค่าก่อสร้าง ราคาการบำรุงรักษา ความน่าเชื่อถือ เวลาการก่อสร้าง ความสะดวกในการก่อสร้าง คุณภาพของการก่อสร้าง ความปลอดภัยในการทำงาน ฯลฯ อย่างใดอย่างหนึ่ง หรือเป็นการผสมกันของจุดประสงค์แต่ละอย่างก็ได้

2) เงื่อนไขบังคับ (constraints) ซึ่งอาจเป็นกำลังขององค์อาคาร การกระจัดที่ยอมให้เสถียรภาพของโครงสร้าง ความคงทนของโครงสร้าง น้ำหนักของโครงสร้าง ปริมาตร ราคาค่าก่อสร้าง ราคาการบำรุงรักษา ความน่าเชื่อถือ เวลาการก่อสร้าง ความสะดวกในการก่อสร้าง คุณภาพของการก่อสร้าง ความปลอดภัยในการทำงาน ฯลฯ บางเงื่อนไขอาจเป็นระยะสั้นหรือในระยะยาว และอาจเป็นอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือเป็นการผสมกันของเงื่อนไขแต่ละอย่างก็ได้ โดยชนิดของเงื่อนไขนี้แบ่งได้ 2 ประเภท คือ

- ตัวแปรออกแบบ (design variables) คือตัวแปรอิสระที่ถูกกำหนดให้มีค่าอยู่ในช่วงที่กำหนด เช่น ความกว้างช่องของโครงข้อหมุน ระยะห่างระหว่างโครงข้อหมุน ความลึก พื้นที่หน้าตัดรัศมีไจเรชั่น เป็นต้น

- ตัวแปรสถานะ (state variables) คือตัวแปรที่ไม่เป็นอิสระโดยเป็นค่าที่สามารถคำนวณได้จากตัวแปรออกแบบ และถูกกำหนดให้มีค่าอยู่ในช่วงที่กำหนด

2.5 การหาค่าที่เหมาะสมด้วยวิธีคำนวณเชิงพันธุกรรม

วิธีคำนวณเชิงพันธุกรรม (genetic algorithms) เป็นวิธีการหาค่าที่เหมาะสมแบบฟัสนุ่มที่เลียนแบบหลักการถ่ายทอดทางพันธุกรรมแบบธรรมชาติ เพื่อหาค่าเหมาะสมโดยรวม ได้อาศัยการสมมติจุดคำตอบขึ้นมาหลายๆ จุดก่อน แล้วประยุกต์ใช้หลักการค้นหาจุดที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งมีโอกาสที่จะอยู่รอดมากที่สุด เพื่อหาคำตอบที่ดียิ่งขึ้นในแต่ละรุ่นของการถ่ายทอดทางพันธุกรรม สำหรับในแต่ละรุ่นของการถ่ายทอดจะมีการประเมินความเหมาะสมของจุดคำตอบแต่ละจุด แล้วพิจารณาเลือกจุดคำตอบใหม่จากค่าความเหมาะสมนี้ โดยอาศัยวิธีการทางพันธุศาสตร์มาประยุกต์ใช้

จากหลักการข้างต้นแสดงให้เห็นว่าการคำนวณหาค่าที่เหมาะสมโดยวิธีคำนวณเชิงพันธุกรรมนั้นจะแตกต่างจากวิธีอื่น ดังนี้

1) วิธีการคำนวณเชิงพันธุกรรมใช้รหัสของตัวแปรเป็นเครื่องมือในการหาค่าที่เหมาะสมแทนที่จะใช้ค่าของตัวแปรโดยตรง ดังนั้นวิธีนี้จึงสะดวกในการแก้ปัญหาเกี่ยวกับตัวแปรชนิดใดก็ได้ ซึ่งตัวแปรนั้นไม่จำเป็นต้องเป็นตัวแปรต่อเนื่อง

2) วิธีการคำนวณเชิงพันธุกรรมเป็นวิธีการหาค่าที่เหมาะสมจากจุดเริ่มต้นหลายๆ จุด เป็นการหาจุดเหมาะสมโดยรวม

3) วิธีคำนวณเชิงพันธุกรรมใช้การเปรียบเทียบค่าที่ได้จากฟังก์ชันวัตถุประสงค์ ไม่ใช่ค่าอนุพันธ์ของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ ซึ่งอาจจะทำให้พบจุดที่ให้ค่าเหมาะสมที่สุดเฉพาะที่ ทำให้ค่าที่

เหมาะสมที่ได้ อาจไม่เป็นค่าเหมาะสมที่สุด เนื่องจากใช้สมมติฐานว่าจุดที่ให้ค่าเหมาะสมที่สุดคือจุดที่มีค่าอนุพันธ์เท่ากับศูนย์

4) วิธีคำนวณเชิงพันธุกรรมใช้หลักการลู่เข้าของค่าจากกฎความน่าจะเป็นไม่ใช่การหาค่าที่ลู่เข้าเนื่องจากแนวโน้ม ทิศทางที่จะไปหาค่าที่เหมาะสมที่สุดจากอนุพันธ์ของสมการ

2.5.1 องค์ประกอบหลักของการคำนวณเชิงพันธุกรรม

1) การเข้ารหัสโครโมโซม (chromosome encoding)

คือการแปลงตัวแปรของปัญหาให้อยู่ในรูปโครโมโซม แต่เดิมเป็นการเข้ารหัสตัวแปรของปัญหาให้อยู่ในรูปเลขฐานสอง ปัจจุบันการเข้ารหัสโครโมโซมมีความแตกต่างกันออกไปเพื่อให้สอดคล้องกับปัญหาที่ต้องการหาคำตอบที่เหมาะสม เช่น แบบเลขฐานสอง (binary encoding) แบบเกรย์ (gray encoding) แบบจุดต้นไม้ (tree encoding) แบบค่าตัวแปรจริง (value encoding) ซึ่งการเข้ารหัสแบบค่าตัวแปรจริงเหมาะกับการคำนวณออกแบบโครงสร้างเนื่องจากรูปร่างและขนาดของชิ้นส่วนเป็นตัวแปรแบบไม่ต่อเนื่อง (discrete variables)

2) การเลือกประชากรเริ่มต้น (initial population)

โดยการสุ่มเลือกจากกลุ่มของประชากรทั้งหมดที่มีอยู่ เพื่อใช้เป็นจุดเริ่มต้นก่อนที่จะเริ่มเข้ากระบวนการของการคำนวณเชิงพันธุกรรม

3) การหาค่าเป้าหมาย (fitness function)

เป็นวิธีการสำหรับประเมินค่าความเหมาะสม เพื่อให้คะแนนแต่ละทางเลือกของคำตอบต่าง ๆ อย่างเหมาะสม โครโมโซมทุกตัวจะมีค่าความเหมาะสมของตัวเองเพื่อใช้สำหรับพิจารณาว่าโครโมโซมตัวนั้นเหมาะสมหรือไม่ที่จะนำมาใช้ในการสืบทอดพันธุกรรมสำหรับสร้างโครโมโซมรุ่นใหม่

4) กระบวนการทางพันธุกรรม (genetic operator)

ซึ่งเป็นวิธีการปรับเปลี่ยนองค์ประกอบของข้อมูลเพื่อให้ได้สายพันธุ์ใหม่ ประกอบด้วย

- การคัดเลือก (selection) คือการคัดเลือกสายพันธุ์มาเป็นโครโมโซมพ่อและโครโมโซมแม่จากกลุ่มประชากร โดยกำหนดให้สายพันธุ์ที่ดีมีโอกาสในการถูกเลือกสูงกว่าสายพันธุ์ที่ไม่ดี วิธีการเก็บสายพันธุ์ที่ดีที่สุดก่อนหน้าไว้เป็นการช่วยให้การค้นหาคำตอบมีประสิทธิภาพมากขึ้น

- การไขว้สายพันธุ์ (crossover) เป็นกระบวนการที่สำคัญของการคำนวณเชิงพันธุกรรมคือการนำโครโมโซมพ่อ และโครโมโซมแม่มาผสมกันเพื่อให้ได้โครโมโซมใหม่

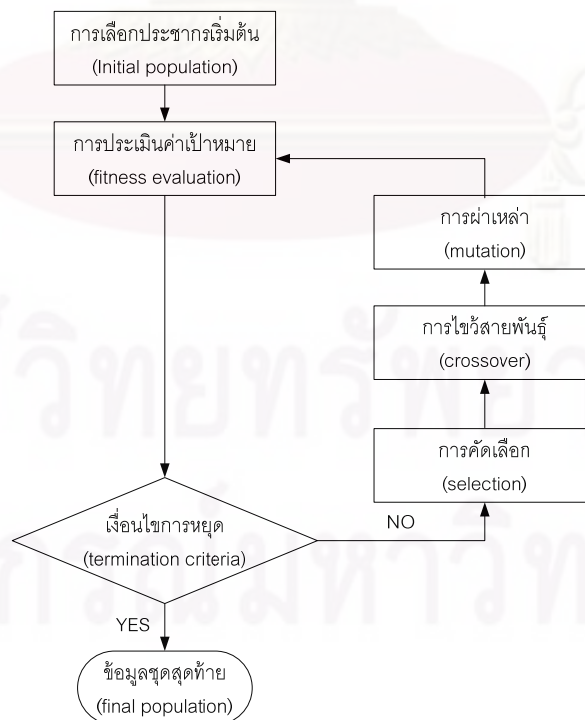
- การผ่าเหล่า (mutation) เกิดขึ้นหลังจากทำการไขว้สายพันธุ์เสร็จสิ้น ซึ่งการผ่าเหล่าจะทำให้ได้ลักษณะใหม่ ๆ เกิดขึ้น เพื่อป้องกันการลู่เข้าก่อนกำหนด โดยการสุ่มตำแหน่งที่จะทำการผ่าเหล่า

5) ตัวแปรสำหรับวิธีการคำนวณเชิงพันธุกรรม (parameter)

เป็นตัวกำหนดการสร้างจำนวนโครโมโซมรุ่นถัดไป ถ้ากำหนดให้จำนวนโครโมโซมในแต่ละรุ่นมากจะทำให้การคำนวณเชิงพันธุกรรมประมวลผลได้ช้าลง เช่น ขนาดของประชากร (population size) อัตราการอยู่รอด (selection rate) อัตราการเกิดการไขว้สายพันธุ์ (crossover rate) อัตราการเกิดการผ่าเหล่า (mutation rate)

2.5.2 ขั้นตอนการหาค่าที่เหมาะสมโดยวิธีคำนวณเชิงพันธุกรรม

เริ่มจากการสุ่มหาประชากรเริ่มต้น เข้าวัดโครโมโซมแล้วทำการประเมินค่าเป้าหมาย ทำการคัดเลือกประชากรต้นแบบเพื่อใช้สร้างประชากรรุ่นต่อไป จากนั้นเริ่มกระบวนการไขว้สายพันธุ์และการผ่าเหล่า ทำการประเมินค่าเป้าหมายประชากรรุ่นใหม่ที่ได้ ตรวจสอบค่าเงื่อนไขการหยุด หากเป็นจริงทำการหยุดการคำนวณและให้ประชากรรุ่นสุดท้ายนั้นก็คือคำตอบที่เหมาะสมของปัญหา หากไม่เป็นจริงทำการคำนวณซ้ำจนกว่าเงื่อนไขการหยุดจะเป็นจริง ซึ่งการหาค่าตอบที่เหมาะสมด้วยวิธีคำนวณเชิงพันธุกรรมมีขั้นตอนสรุปได้ดังแสดงในรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 ขั้นตอนการหาค่าตอบที่เหมาะสมโดยวิธีคำนวณเชิงพันธุกรรม

2.5.3 ตัวอย่างการหาค่าที่เหมาะสมโดยวิธีคำนวณเชิงพันธุกรรม

ฟังก์ชันวัตถุประสงค์: หาค่าสูงสุดของ $f(x, y) = -x^2 - y^2 + 10x + 4y$

เงื่อนไขข้อบังคับ: $0 \leq x \leq 7$ และ $0 \leq y \leq 7$

ขั้นตอนที่ 1 กำหนดให้ใช้ชุดข้อมูล 4 ชุด

ขั้นตอนที่ 2 ทำการเข้ารหัสข้อมูลโดยจะทำการแปลงข้อมูลของตัวแปรต้น x และ y จากเลขฐานสิบเป็นเลขฐานสอง ดังแสดงในตารางที่ 2.1 และนำตัวแปรต้นทั้ง 2 ที่ถูกแปลงเป็นเลขฐานสองมาเรียงต่อกันเพื่อเป็นรหัสข้อมูล เช่น สุ่มตัวแปรต้น x ได้ 6 และ y ได้ 4 เมื่อนำมาแปลงเป็นเลขฐานสองจะได้ 110 สำหรับ x และ 100 สำหรับ y และหากนำมาเข้าเป็นรหัสข้อมูลจะได้เป็น 110100 จากนั้นก็ทำการสุ่มค่าตัวแปรต้นต่อไปเพื่อให้ได้ชุดข้อมูลเป็น 4 ชุดด้วยกัน

ตารางที่ 2.1 ข้อมูลรุ่นแรก

ชุดข้อมูล	รหัสชุดข้อมูล	
	X	Y
1	110	100
2	001	001
3	100	110
4	011	101

ขั้นตอนที่ 3 ทำการสืบสกุล (Reproduction) ได้ผลดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ผลการสืบสกุล

ชุดข้อมูล	รหัสชุดข้อมูล	x	y	ค่าเป้าหมาย (fitness)	สัดส่วนความ เหมาะสม
1	110100	6	4	24	37.50
2	001001	1	1	12	18.75
3	100110	4	6	12	18.75
4	011101	3	5	16	25.00
รวม				64	100.00

ซึ่งในข้อมูลรุ่นแรกนี้จะพบว่า A_1 ให้ค่าเป้าหมายสูงที่สุดเท่ากับ 24 หลังจากนั้นจะนำข้อมูลทั้งหมดไปสู่กระบวนการวิธีคำนวณเชิงพันธุกรรมต่อไป

ขั้นตอนที่ 4 ทำการไขว้สายพันธุ์ (crossover) ซึ่งจะทำการผสมระหว่างชุดข้อมูลที่ 1 กับ 2 และชุดข้อมูลที่ 3 กับ 4 โดยจะทำการสุ่มตำแหน่งจำทำการไขว้สายพันธุ์ ซึ่งได้ตำแหน่งที่ 3 สำหรับ x และตำแหน่งที่ 3 สำหรับ y ในการผสมชุดข้อมูลที่ 1 กับ 2 และตำแหน่งที่ 1 สำหรับ x และ y ในการผสมชุดข้อมูลที่ 3 กับ 4 ได้ผลดังแสดง

$$A_1 = \begin{array}{ccc|cc} 1 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \end{array} \quad \begin{array}{c} \text{↻} \text{↻} \\ \text{↻} \end{array}$$

หลังจากการไขว้สายพันธุ์จะทำให้ได้ชุดข้อมูลชุดใหม่ขึ้นมา ซึ่งถือว่าเป็นข้อมูลรุ่นใหม่

$$A'_1 = \begin{array}{cccccc} 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{array}$$

เช่นเดียวกับการผสมชุดข้อมูลที่ 3 กับ 4 จะได้

$$A'_3 = \begin{array}{cccccc} 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 \end{array}$$

เพื่อเป็นการยืนยันว่าค่าเป้าหมายที่ได้ในแต่ละยุคจะต้องดีขึ้น จึงมีการเก็บรหัสข้อมูลที่ดีที่สุดไว้เพิ่มอีก 1 รหัสจะได้ $A'_5 = 1 \ 1 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0$ และเมื่อนำข้อมูลที่ได้จากการไขว้สายพันธุ์ทั้งหมดมาพิจารณาจะให้ค่าเป้าหมายสูงสุดที่รหัส A'_5 ซึ่งมีค่าเป้าหมายเท่ากับ 24 เช่นเดิม

ขั้นตอนที่ 5 ทำการสืบสกุล และไขว้สายพันธุ์ใหม่เข้าไปเรื่อย ๆ จะได้ค่าที่ไม่สูงขึ้นเนื่องจากมีข้อมูลในรหัสบางตัวไม่ถูกเปลี่ยน จึงทำการผ่าเหล่า (mutation) ซึ่งในกรณีตัวอย่างนี้หากทำได้ 4 ยุคข้อมูลแล้ว จะทำให้ตำแหน่งที่ 5 ของรหัสข้อมูลไม่เปลี่ยนแปลงแล้วจึงทำการกลายพันธุ์ที่ตำแหน่งนี้

$$A_2^V = \begin{matrix} 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 \end{matrix}$$

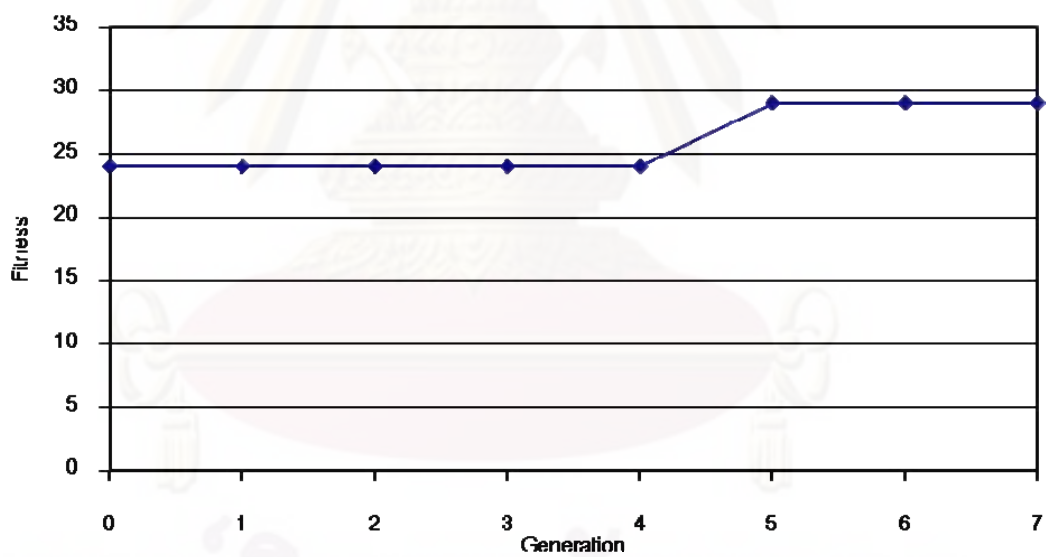


$$A_2^V = \begin{matrix} 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{matrix}$$

ขั้นตอนที่ 6 ทำกระบวนการคำนวณเชิงพันธุกรรมต่อไปจนให้ค่าที่สูงสุด ซึ่งจะได้ $x=5$ และ $y = 2$ และให้ค่าเป้าหมายคือ $f(5,2) = 29$ จากตัวอย่างนี้จะทำการออกแบบด้วยวิธีคำนวณเชิงพันธุกรรมทั้งหมด 5 ยุค จึงจะให้ค่าที่เหมาะสมที่สุด รูปที่ 2.4 แสดงค่าเป้าหมายในแต่ละยุคข้อมูล

Fitness 0 = 24, Fitness 1 = 24, Fitness 2 = 24, Fitness 3 = 24,

Fitness 4 = 24, Fitness 5 = 29, Fitness 6 = 29, Fitness 7 = 29



รูปที่ 2.4 ค่าเป้าหมาย (fitness) ในแต่ละยุคข้อมูล

บทที่ 3

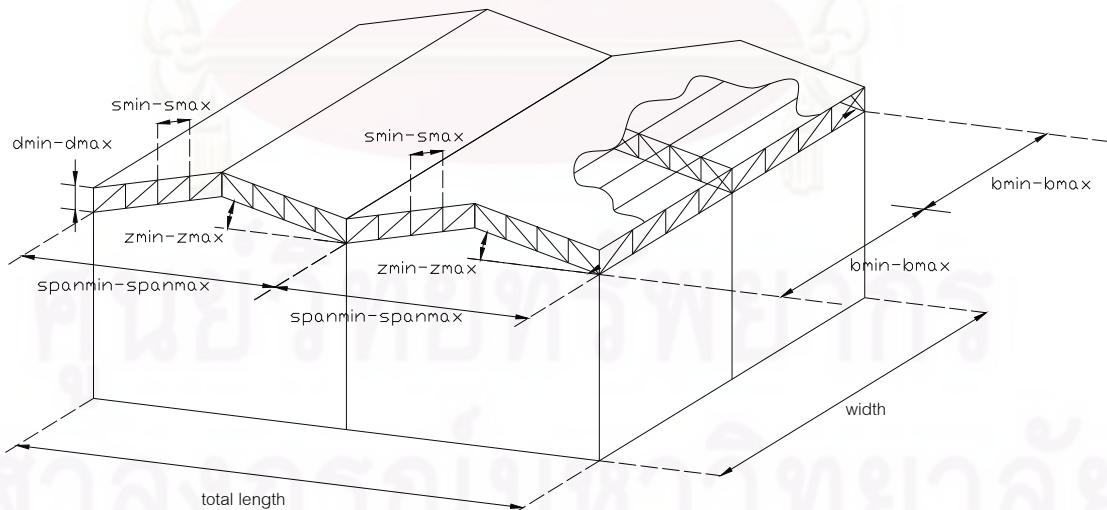
การทำงานของโปรแกรม

3.1 กล่าวนำ

การออกแบบโครงหลังคาชนิดโครงข้อหมุนนั้นวิศวกรจะต้องออกแบบด้วยพื้นที่จำกัด เบื้องต้นจะกำหนดได้เฉพาะระยะความกว้างและความยาวของโครงหลังคาเท่านั้น ส่วนระยะห่างระหว่างแป ระยะห่างระหว่างเสา ระยะระหว่างโครงข้อหมุน และระยะช่วงย่อยของโครงข้อหมุน มีขอบเขตตามการใช้งานจริง เช่น ระยะระหว่างเสาและระยะระหว่างโครงข้อหมุนที่น้อยที่สุดถูกกำหนดโดยขนาดของเครื่องจักรที่จะนำมาติดตั้ง หรือ ระยะช่วงย่อยถูกกำหนดโดยความกว้างของวัสดุผนังหลังคา โปรแกรมจากงานวิจัยนี้จะให้ผู้ใช้สามารถออกแบบโครงหลังคาในพื้นที่ของหลังคาที่จำกัด การเริ่มใช้งานโปรแกรมต้องมีการกำหนดช่วงที่ยอมรับได้ของระยะห่างระหว่างเสา ระยะห่างระหว่างโครงข้อหมุน ระยะช่วงย่อยของโครงข้อหมุนหลัก ทั้งนี้เพื่อให้โปรแกรมทำการคำนวณตัวแปรที่เป็นไปได้ทั้งหมดในขอบเขตที่กำหนด

3.2 ตัวแปรที่ใช้ในการหาคำตอบที่เหมาะสม

กำหนดค่าข้อมูลเบื้องต้นที่ใช้ในการออกแบบโครงหลังคาหลักตามตารางที่ 3.1 และมีมิติของโครงสร้างแสดงในรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 มิติและตัวแปรที่ใช้ในการออกแบบ

ตารางที่ 3.1 ข้อมูลเริ่มต้น

	ตัวแปร	หน่วย
ความกว้างของโครงหลังคา	total length	เมตร
ระยะช่วงพาดของโครงข้อหมุนหลักน้อยสุดที่ยอมรับได้	spanmin	เมตร
ระยะช่วงพาดของโครงข้อหมุนหลักมากที่สุดที่ยอมรับได้	spanmax	เมตร
ระยะช่วงย่อยของโครงข้อหมุนหลักน้อยสุดที่ยอมรับได้	smin	เมตร
ระยะช่วงย่อยของโครงข้อหมุนหลักมากที่สุดที่ยอมรับได้	smax	เมตร
ความลึกของโครงข้อหมุนน้อยสุดที่ยอมรับได้	dmin	เมตร
ความลึกของโครงข้อหมุนมากที่สุดที่ยอมรับได้	dmax	เมตร
ความชันของโครงหลังคาน้อยสุดที่ยอมรับได้	zmin	องศา
ความชันของโครงหลังคามากที่สุดที่ยอมรับได้	zmax	องศา
ความยาวของโครงหลังคา	width	เมตร
ระยะห่างของโครงข้อหมุนหลักน้อยสุดที่ยอมรับได้	bmin	เมตร
ระยะห่างของโครงข้อหมุนหลักมากที่สุดที่ยอมรับได้	bmax	เมตร
น้ำหนักบรรทุกคงที่ที่กระทำที่ส่วนบน	DLtop	กก./ตร.ม.
น้ำหนักบรรทุกจรที่กระทำที่ส่วนบน	LLtop	กก./ตร.ม.
น้ำหนักบรรทุกคงที่ที่กระทำที่ส่วนล่าง	DLbott	กก./ตร.ม.
น้ำหนักบรรทุกจรที่กระทำที่ส่วนล่าง	LLbott	กก./ตร.ม.
น้ำหนักบรรทุกทุกเนื่องจากแรงลม	WL	กก./ตร.ม.
ชนิดของหน้าตัด	angle	-

ตัวแปรที่ใช้หาคำตอบที่เหมาะสมในการออกแบบโครงหลังคาเหล็ก ได้แก่ จำนวนช่วงพาดของโครงข้อหมุนหลัก (Nspan) ระยะช่วงย่อยของโครงข้อหมุนหลัก (spacing) ความลึกของโครงข้อหมุน (depth) รูปแบบของโครงข้อหมุนหลัก (truss pattern) ความชันของโครงหลังคา (slope) และจำนวนช่วงระหว่างโครงข้อหมุนหลัก (Nbay)

การหาจำนวนช่วงพาดของโครงข้อหมุนหลัก (Nspan) ที่เป็นไปได้ทั้งหมดอยู่ในช่วงระหว่างความกว้างของโครงหลังคาหารด้วยระยะช่วงพาดของโครงข้อหมุนหลักน้อยที่สุดและมากที่สุดที่ยอมรับได้ ตัวอย่างเช่น

$$\text{Total length} = 20.0 \text{ m}$$

$$\text{spanmin} = 5.0 \text{ m}$$

$$\text{spanmax} = 10.0 \text{ m}$$

$$\text{Nspan minimum} = 20/10 = 2$$

$$\text{Nspan maximum} = 20/5 = 4$$

ค่า Nspan ที่เป็นไปได้ทั้งหมดคือ {2, 3, 4}

ระยะช่วงย่อยของโครงข้อหมุนหลัก (spacing) ที่เป็นไปได้ทั้งหมดอยู่ในช่วงระหว่างระยะช่วงย่อยของโครงข้อหมุนหลักน้อยที่สุดและมากที่สุดที่ยอมรับได้ โดยมีค่าเพิ่มขึ้นทีละ 0.1 เมตร ตัวอย่างเช่น

$$\text{smin} = 0.5 \text{ m}$$

$$\text{smax} = 1.0 \text{ m}$$

ค่า spacing ที่เป็นไปได้ทั้งหมดคือ {0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0}

ค่าความลึกของโครงข้อหมุน (depth) ที่เป็นไปได้ทั้งหมดมีค่าอยู่ในช่วงค่าความลึกน้อยที่สุดและมากที่สุดที่ยอมรับได้ โดยให้มีค่าเพิ่มขึ้นทีละ 0.05 เมตร เช่นเดียวกับความชันของโครงหลังคา (slope) ค่าที่เป็นไปได้อยู่ในช่วงค่าความชันน้อยที่สุดและมากที่สุดที่ยอมรับได้ และมีค่าเพิ่มขึ้นทีละ 1 องศา ตัวอย่างเช่น

$$\text{dmin} = 0.5 \text{ m}$$

$$\text{dmax} = 1.0 \text{ m}$$

ค่า depth ที่เป็นไปได้ทั้งหมดคือ {0.50, 0.55, 0.60, 0.65, 0.70, 0.75, 0.80, 0.85, 0.90, 0.95, 1.00}

$$\text{zmin} = 5$$

$$\text{zmax} = 10$$

ค่า slope ที่เป็นไปได้ทั้งหมดคือ {5, 6, 7, 8, 9, 10}

รูปแบบของโครงข้อหมุนหลัก (truss pattern) คำนวณหาค่าความเหมาะสมจาก 6 รูปแบบ ดังแสดงในรูปที่ 1.2 กำหนดให้มีค่าเป็นตัวเลขตั้งแต่ 1 ถึง 6 เพื่อให้ในการเข้ารหัสตัวแปร ค่า รูปแบบของโครงข้อหมุนหลักที่เป็นไปได้ทั้งหมดคือ {1, 2, 3, 4, 5, 6}

จำนวนช่วงระหว่างโครงข้อหมุนหลัก (Nbay) ที่เป็นไปได้ หาได้จากความยาวของโครง หลังคาหารด้วยระยะน้อยที่สุดและมากที่สุดของระยะช่วงของโครงข้อหมุนหลักที่ยอมรับได้ ตัวอย่างเช่น

$$\text{width} = 30.0 \text{ m}, \text{bmin} = 4.0 \text{ m}, \text{bmax} = 8.0 \text{ m}$$

$$\text{Nbay minimum} = 30/8 = 3.75 \text{ ปัดขึ้นเป็น } 4$$

$$\text{Nbay maximum} = 30/4 = 7.5 \text{ ปัดลงเป็น } 7$$

ค่า Nbay ที่เป็นไปได้ทั้งหมดคือ {4, 5, 6, 7}

3.3 การใช้วิธีคำนวณเชิงพันธุกรรมเพื่อการออกแบบโครงหลังคาเหล็ก

3.3.1 การเลือกประชากรเริ่มต้น (initial population)

สุ่มเลือกค่าตัวแปรแต่ละตัวมาจำนวนเท่ากับจำนวนประชากร (population size) ที่กำหนด ซึ่งงานวิจัยนี้กำหนดใช้จำนวนประชากร 50 ชุด จึงทำการสุ่มตัวแปรทุกตัว ๆ ละ 50 ค่า

3.3.2 การเข้ารหัสโครโมโซมของตัวแปร (chromosome encoding)

นำตัวแปรที่ได้จากการเลือกสุ่มประชากรเริ่มต้นมาเรียงต่อกันเพื่อเป็นโครโมโซมของข้อมูล ที่เป็นตัวแทนในการกำหนดตัวแปรของคำตอบ จากขั้นตอนนี้จะทำให้ได้ประชากรจำนวน 50 ชุด ซึ่งการเข้ารหัสโดยใช้ค่าจริงของตัวแปรนี้เรียกว่าวิธีการเข้ารหัสแบบค่าตัวแปรจริง (real value encoding) ตารางที่ 3.2 แสดงตัวอย่างการเข้ารหัสของประชากร 1 ชุด

ตารางที่ 3.2 การเข้ารหัสของตัวแปร

Nspan	Depth	truss pattern	Slope	Nbay	spacing
3	0.80	1	5	5	1.25

3.3.3 การคัดเลือก (selection)

เป็นการสนับสนุนให้ประชากรที่มีความเหมาะสมจากรุ่นประชากรปัจจุบันถูกส่งไปยังรุ่นถัดไป ซึ่งใช้การคัดเลือกโดยใช้วิธีการถ่วงน้ำหนัก เริ่มจากทำการประเมินค่าเป้าหมายของประชากรทั้งหมด เพื่อนำมาจัดเรียงประชากรตามค่าความเหมาะสมโดยให้ประชากรที่มีค่าเหมาะสมมากที่สุดอยู่อันดับแรก หาจำนวนประชากรที่อยู่รอดตามอัตราส่วนการอยู่รอด 0.50 กล่าวคือเมื่อเรียงลำดับประชากรตามค่าความเหมาะสมแล้วประชากรอันดับที่ 1 ถึง 25 คือประชากรที่อยู่รอด คำนวณหาความน่าจะเป็นที่จะถูกเลือกของประชากรที่อยู่รอดจะมีโอกาสถูกเลือกไปเป็นประชากรต้นแบบตามสมการต่อไปนี้

$$P_n = \frac{N_{keep} - n + 1}{\sum_{n=1}^{N_{keep}} n} \quad (3-1)$$

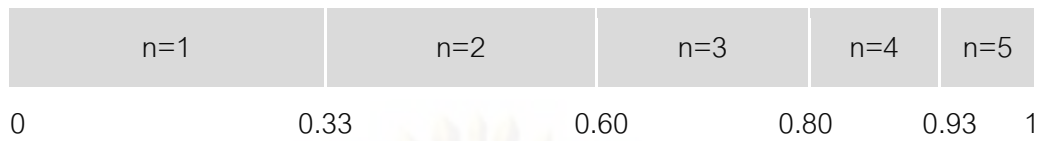
โดยที่

$$\begin{aligned} P_n &= \text{ความน่าจะเป็นของแต่ละประชากร} \\ N_{keep} &= \text{จำนวนประชากรที่อยู่รอด} \\ n &= \text{อันดับของประชากร} \end{aligned}$$

ตารางที่ 3.3 แสดงตัวอย่างการหาความน่าจะเป็นของแต่ละประชากร สมมติให้จำนวนประชากรที่อยู่รอดเท่ากับ 5 คำนวณหาความน่าจะเป็นสะสมเพื่อกำหนดช่วงที่ประชากรอันดับนั้นๆ จะมีโอกาสถูกเลือกเป็นประชากรต้นแบบในกระบวนการไขว้สายพันธุ์ดังแสดงในรูปที่ 3.2 จะเห็นว่าประชากรอันดับที่ 1 จะมีโอกาสถูกเลือกมากกว่าประชากรอันดับอื่น ๆ

ตารางที่ 3.3 การคำนวณค่าความน่าจะเป็นของแต่ละประชากร

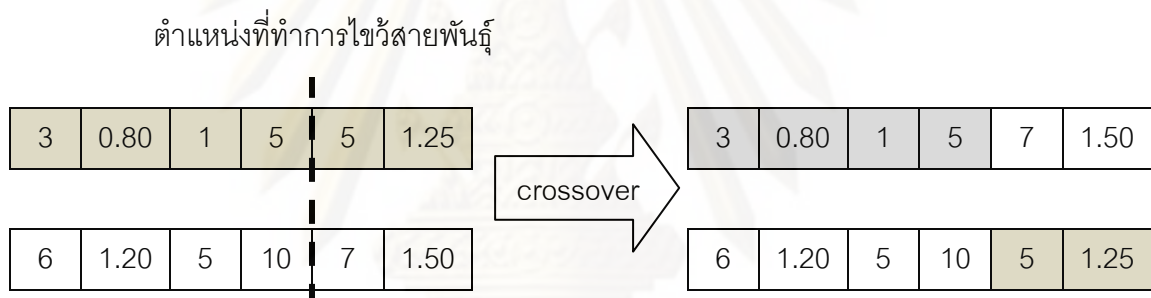
n	Pn	ค่าความน่าจะเป็นสะสม
1	$(5-1+1)/15 = 0.33$	0.33
2	$(5-2+1)/15 = 0.27$	0.60
3	$(5-3+1)/15 = 0.20$	0.80
4	$(5-4+1)/15 = 0.13$	0.93
5	$(5-5+1)/15 = 0.07$	1.00



รูปที่ 3.2 ช่วงที่ประชากรอันดับต่าง ๆ จะมีโอกาสถูกเลือก

3.3.4 การไขว้สายพันธุ์ (crossover)

นำประชากรต้นแบบหนึ่งคู่ที่ได้เลือกไว้จากขั้นตอนการคัดเลือกมาสร้างประชากรใหม่โดยวิธีการไขว้หนึ่งตำแหน่ง (single crossover) สุ่มตำแหน่งขึ้นมาหนึ่งตำแหน่งแล้วทำการแลกเปลี่ยนตัวแปรที่อยู่ต่อจากตำแหน่งไขว้สายพันธุ์ทั้งหมด ดังแสดงในรูปที่ 3.3 งานวิจัยนี้ใช้ค่าอัตราการเกิดการไขว้สายพันธุ์เท่ากับ 0.50 จะมีประชากรใหม่ที่เกิดจากการไขว้สายพันธุ์ 25 ชุด



รูปที่ 3.3 การไขว้สายพันธุ์

3.3.5 การผ่าเหล่า (mutation)

โดยการสุ่มตำแหน่งตัวแปรที่จะเปลี่ยนแปลงโดยอัตราการเกิดการผ่าเหล่าเท่ากับ 0.05 เนื่องจากงานวิจัยนี้เป็นกรเข้าโครโมโซมโดยค่าตัวแปรจริง ดังนั้นเมื่อได้ตำแหน่งที่จะทำการผ่าเหล่าแล้ว ก็จะสุ่มค่าตัวแปรที่ตำแหน่งนั้นขึ้นมาใหม่ เกิดการผ่าเหล่า 15 ครั้ง คำนวณจากสมการต่อไปนี้

$$N_{mut} = (popsize - 1) \times N_t \times murate \tag{3-2}$$

โดยที่

N_{mut} = จำนวนครั้งที่เกิดการผ่าเหล่า

$popsize$ = จำนวนประชากรทั้งหมด

N_t = จำนวนของตัวแปร

$murate$ = อัตราการเกิดการผ่าเหล่า (mutation rate)



รูปที่ 3.4 การผ่าเหล่า

3.3.6 การประเมินค่าเป้าหมาย (fitness evaluation)

ในการออกแบบโครงหลังคาเหล็กให้มีความประหยัดที่สุด ได้กำหนดน้ำหนักรวมของโครงสร้างที่น้อยที่สุดเป็นสมการเป้าหมายในการหาคำตอบ ดังสมการที่ (3-3) น้ำหนักรวมของโครงสร้างคือน้ำหนักของแป น้ำหนักของโครงข้อหมุนหลักและน้ำหนักของโครงข้อหมุนรอง และใช้ข้อกำหนดการออกแบบโครงสร้างเหล็กวิธีตัวคูณกำลังต้านทานและน้ำหนักบรรทุก (Load and Resistance Factor Design) ตามมาตรฐาน AISC/LRFD 2005 เป็นข้อจำกัดของปัญหา

$$\text{Minimize } \text{weight} = \sum_{i=1}^m \rho_i A_i L_i \quad (3-3)$$

โดยที่

- m = จำนวนชิ้นส่วนของโครงสร้าง
- ρ = ค่าหน่วยน้ำหนักของวัสดุ
- L = ความยาวของชิ้นส่วน
- A = พื้นที่หน้าตัดของชิ้นส่วน

3.3.7 เงื่อนไขการหยุด (termination criteria)

กำหนดให้การคำนวณจะสิ้นสุดเมื่อคำนวณมาถึงประชากรรุ่นที่ 200 หรือคำตอบที่เหมาะสมให้ค่าเดิมติดกัน 10 รุ่นประชากรเมื่อจำนวนรุ่นมีค่ามากกว่า 100

3.4 การออกแบบโครงสร้าง

1. ชิ้นส่วนแป (purlin)

แรงที่กระทำต่อชิ้นส่วนแป คือ น้ำหนักบรรทุกคงที่ที่ส่วนบน น้ำหนักบรรทุกจรที่ส่วนบน น้ำหนักบรรทุกเนื่องจากแรงลม และน้ำหนักของแป ระยะห่างระหว่างแปเท่ากับระยะช่วงย่อยของโครงข้อหมุนหลัก ตรวจสอบการรับน้ำหนักตามแบบองค์อาคารรับแรงดัด และองค์อาคารรับแรงเฉือน

2. โครงข้อหมุนรอง (secondary truss)

โครงข้อหมุนรองจะวางอยู่ที่กึ่งกลางของช่วงพาดของโครงข้อหมุนหลักและที่ตำแหน่งริมของช่วงพาดของโครงข้อหมุนหลัก แรงที่กระทำต่อโครงข้อหมุนรองมีเพียงน้ำหนักของโครงหลังรอง ตรวจสอบกำลังรับน้ำหนักตามแบบองค์อาคารรับแรงดึง และองค์อาคารแรงอัด กำหนดให้ระยะช่วงย่อยของโครงข้อหมุนรองมีค่าไม่เกิน 1.0 เมตร รูปแบบของโครงหลังคาใช้รูปแบบที่ 5

3. โครงข้อหมุนหลัก (main truss)

แบ่งเป็นโครงข้อหมุนหลักตัวริม และโครงข้อหมุนหลักตัวใน แรงที่กระทำต่อโครงข้อหมุนหลัก คือ น้ำหนักบรรทุกทุกครั้งที่ส่วนบน น้ำหนักบรรทุกจรที่ส่วนบน น้ำหนักบรรทุกทุกครั้งที่ส่วนล่าง น้ำหนักบรรทุกจรที่ส่วนล่าง น้ำหนักบรรทุกเนื่องจากแรงลม น้ำหนักแป น้ำหนักโครงข้อหมุนรอง และน้ำหนักของโครงข้อหมุนหลัก ตรวจสอบกำลังรับน้ำหนักตามแบบองค์อาคารรับแรงดึง และองค์อาคารรับแรงอัด

โดยการออกแบบโครงข้อหมุนหลักและโครงข้อหมุนรองจะแบ่งองค์อาคารเป็น 4 กลุ่มด้วยกัน ได้แก่ องค์อาคารส่วนล่าง องค์อาคารส่วนบน องค์อาคารแนวตั้ง และองค์อาคารแนวทแยง การเลือกหน้าตัดของแป โครงข้อหมุนรอง และโครงข้อหมุนหลักจะเลือกจากหน้าตัดที่มีน้ำหนักน้อยสุดก่อน หากไม่ผ่านข้อจำกัดของมาตรฐาน AISC/LRFD 2005 ก็จะทำการศึกษาหน้าตัดที่อยู่ถัดไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

ตัวอย่างการคำนวณออกแบบและกรณีศึกษา

4.1 กล่าวนำ

ในบทนี้จะแสดงถึงตัวอย่างการคำนวณออกแบบโครงสร้างคานอย่างเหมาะสมโดยใช้วิธีคำนวณเชิงพันธุกรรม โดยมีตัวอย่างการคำนวณ 2 ตัวอย่าง และกรณีศึกษา 4 กรณี ได้แก่

ตัวอย่างที่ 1 คำนวณออกแบบโครงสร้างคานขนาด 20x20 ตร.ม. แสดงผลการคำนวณ และตรวจสอบความถูกต้องในส่วนการวิเคราะห์โครงสร้างของงานวิจัย โดยทำการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์โครงสร้างของแรงภายในองค์อาคารที่ได้จากงานวิจัยกับโปรแกรม STAADPro

ตัวอย่างที่ 2 คำนวณออกแบบโครงสร้างคานขนาด 60x80 ตร.ม. แสดงผลการคำนวณ และนำผลการคำนวณไปใช้เป็นข้อมูลเริ่มต้นของกรณีศึกษาที่ 1 ถึง 2

กรณีศึกษาที่ 1 จากผลการออกแบบอย่างเหมาะสมจากตัวอย่างที่ 2 ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความลึกกับน้ำหนักของโครงสร้างคาน โดยจำแนกเป็นน้ำหนักของโครงข้อหมุนหลัก น้ำหนักโครงข้อหมุนรอง และน้ำหนักแป

กรณีศึกษาที่ 2 จากผลการออกแบบอย่างเหมาะสมจากตัวอย่างที่ 2 ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักของโครงสร้างคานโดยเปลี่ยนแปลงค่าตัวแปรให้อยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ ค่าตัวแปรที่ทำการเปลี่ยนแปลงคือ จำนวนช่วงพาดของโครงข้อหมุนหลัก รูปแบบโครงข้อหมุนหลัก ความชันของโครงสร้างคาน จำนวนช่วงระหว่างโครงข้อหมุนหลัก จำนวนช่วงย่อยของโครงข้อหมุนหลัก และหน้าตัดที่เลือกใช้ ตามลำดับ โดยเปลี่ยนแปลงครั้งละตัวแปร

กรณีศึกษาที่ 3 ข้อมูลเริ่มต้นของตัวอย่างที่ 2 ออกแบบโครงสร้างคานขนาด 60x80 ตร.ม. คำนวณออกแบบอย่างเหมาะสมโดยเลือกใช้หน้าตัดชนิดเหล็กทรงน้ำ รูปตัวเอช รูปตัวไอ ท่อกลม และท่อเหลี่ยมตามลำดับ เปรียบเทียบคำตอบที่ได้จากการคำนวณออกแบบอย่างเหมาะสม

กรณีศึกษาที่ 4 ข้อมูลเริ่มต้นของตัวอย่างที่ 2 ออกแบบโครงสร้างคานขนาด 60x80 ตร.ม. ทำการเปลี่ยนแปลงค่าประชากรเริ่มต้น เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าเป้าหมายและจำนวนประชากร

4.2 ตัวอย่างที่ 1

คำนวณออกแบบโครงหลังคาที่มีความกว้างของโครงหลังคา 20 เมตร ความยาวของโครงหลังคา 20 เมตร ระยะช่วงพาดของโครงข้อหมุนหลักที่ยอมรับได้อยู่ในช่วง 5-10 เมตร ระยะช่วงย่อยของโครงข้อหมุนหลักที่ยอมรับได้ 0.6-1.2 เมตร ความลึกของโครงข้อหมุนที่ยอมรับได้ 0.5-2.0 เมตร ความชันของโครงหลังคาที่ยอมรับได้ 10-25 องศา ระยะห่างระหว่างโครงข้อหมุนหลักที่ยอมรับได้ 5-10 เมตร ข้อหมุนโดยป้อนข้อมูลเริ่มต้นตามตารางที่ 4.1 แสดงผลการออกแบบอย่างเหมาะสมที่ได้จากงานวิจัย นำผลลัพธ์พิกัด จุดต่อ และแรงที่กระทำที่จุดต่อของโครงข้อหมุนรองรับโครงข้อหมุนหลักตัวริม และโครงข้อหมุนหลักตัวในที่ได้จากการออกแบบอย่างเหมาะสมแล้ว ไปทำการวิเคราะห์แรงภายในโดยใช้โปรแกรม STAADPro เปรียบเทียบแรงภายในที่ได้จากงานวิจัย

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลเริ่มต้นสำหรับตัวอย่างที่ 1

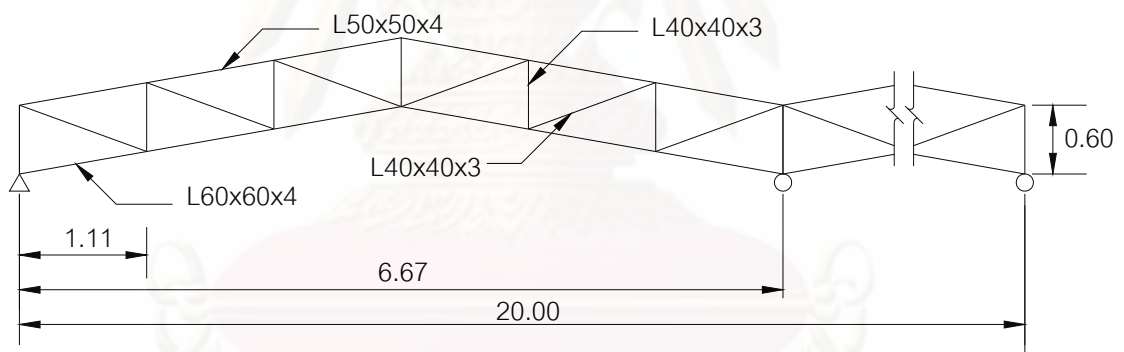
	ค่า	หน่วย
ความกว้างของโครงหลังคา	20	เมตร
ระยะช่วงพาดของโครงข้อหมุนหลักน้อยสุดที่ยอมรับได้	5	เมตร
ระยะช่วงพาดของโครงข้อหมุนหลักมากที่สุดที่ยอมรับได้	10	เมตร
ระยะช่วงย่อยของโครงข้อหมุนหลักน้อยสุดที่ยอมรับได้	0.6	เมตร
ระยะช่วงย่อยของโครงข้อหมุนหลักมากที่สุดที่ยอมรับได้	1.2	เมตร
ความลึกของโครงข้อหมุนน้อยสุดที่ยอมรับได้	0.5	เมตร
ความลึกของโครงข้อหมุนมากที่สุดที่ยอมรับได้	2.0	เมตร
ความชันของโครงหลังคาน้อยสุดที่ยอมรับได้	10	องศา
ความชันของโครงหลังคามากที่สุดที่ยอมรับได้	25	องศา
ความยาวของโครงหลังคา	20	เมตร
ระยะห่างของโครงข้อหมุนหลักน้อยสุดที่ยอมรับได้	5	เมตร
ระยะห่างของโครงข้อหมุนหลักมากที่สุดที่ยอมรับได้	10	เมตร
น้ำหนักบรรทุกคงที่ที่กระทำที่ส่วนบน	-50	กก./ตร.ม.
น้ำหนักบรรทุกจรที่กระทำที่ส่วนบน	-50	กก./ตร.ม.
น้ำหนักบรรทุกคงที่ที่กระทำที่ส่วนล่าง	-30	กก./ตร.ม.
น้ำหนักบรรทุกจรที่กระทำที่ส่วนล่าง	-30	กก./ตร.ม.
น้ำหนักบรรทุกเนื่องจากแรงลม	50	กก./ตร.ม.
ชนิดของหน้าตัด	angle	-

ตารางที่ 4.2 ผลลัพธ์ที่ได้จากการออกแบบอย่างเหมาะสมของตัวอย่างที่ 1

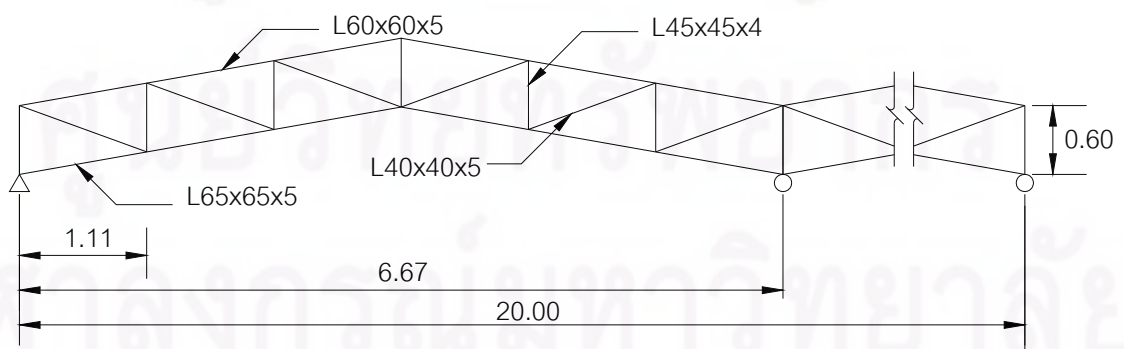
ตัวแปร	ค่า	หน่วย
จำนวนช่วงพาดของโครงข้อหมุนหลัก	3	ช่วง
ระยะช่วงพาดของโครงข้อหมุนหลัก	6.67	เมตร
จำนวนช่วงระหว่างโครงข้อหมุนหลัก	4	ช่วง
ระยะห่างของโครงข้อหมุนหลัก	5	เมตร
ความลึกของโครงข้อหมุน	0.6	เมตร
จำนวนโครงข้อหมุนหลัก	5	each
จำนวนช่วงย่อยของโครงข้อหมุนหลัก	18	ช่วง
ระยะช่วงย่อยของโครงข้อหมุนหลัก	1.11	เมตร
รูปแบบของโครงข้อหมุนหลัก	2	-
จำนวนโครงข้อหมุนรอง	28	each
จำนวนช่วงย่อยของโครงข้อหมุนรอง	5	ช่วง
ระยะช่วงย่อยของโครงข้อหมุนรอง	1	เมตร
จำนวนแป	96	each
ความชันของโครงหลังคา	10	องศา
โครงข้อหมุนหลักตัวริม		
องค์อาคารส่วนล่าง	L60x60x4	
องค์อาคารส่วนบน	L50x50x4	
องค์อาคารแนวตั้ง	L40x40x3	
องค์อาคารแนวทแยง	L40x40x3	
โครงข้อหมุนหลักตัวใน		
องค์อาคารส่วนล่าง	L65x65x5	
องค์อาคารส่วนบน	L60x60x5	
องค์อาคารแนวตั้ง	L45x45x4	
องค์อาคารแนวทแยง	L40x40x5	

ตารางที่ 4.2 (ต่อ) ผลลัพธ์ที่ได้จากการออกแบบในตัวอย่างที่ 1

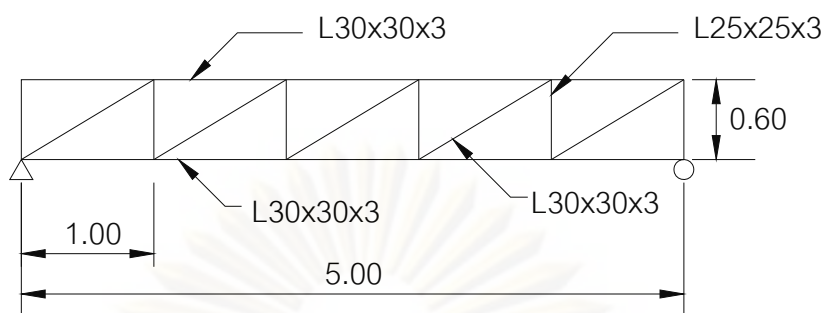
ตัวแปร	ค่า	หน่วย
โครงข้อหมุนรอง		
องค์อาคารส่วนล่าง	L30x30x3	
องค์อาคารส่วนบน	L30x30x3	
องค์อาคารแนวตั้ง	L25x25x3	
องค์อาคารแนวทแยง	L30x30x3	
แป	C125x65x6	
น้ำหนักรวมของแป	6433.42	กิโลกรัม
น้ำหนักรวมของโครงข้อหมุนหลัก	712.34	กิโลกรัม
น้ำหนักรวมของโครงข้อหมุนรอง	1254.85	กิโลกรัม
น้ำหนักรวมของโครงหลังคา	8400.61	กิโลกรัม



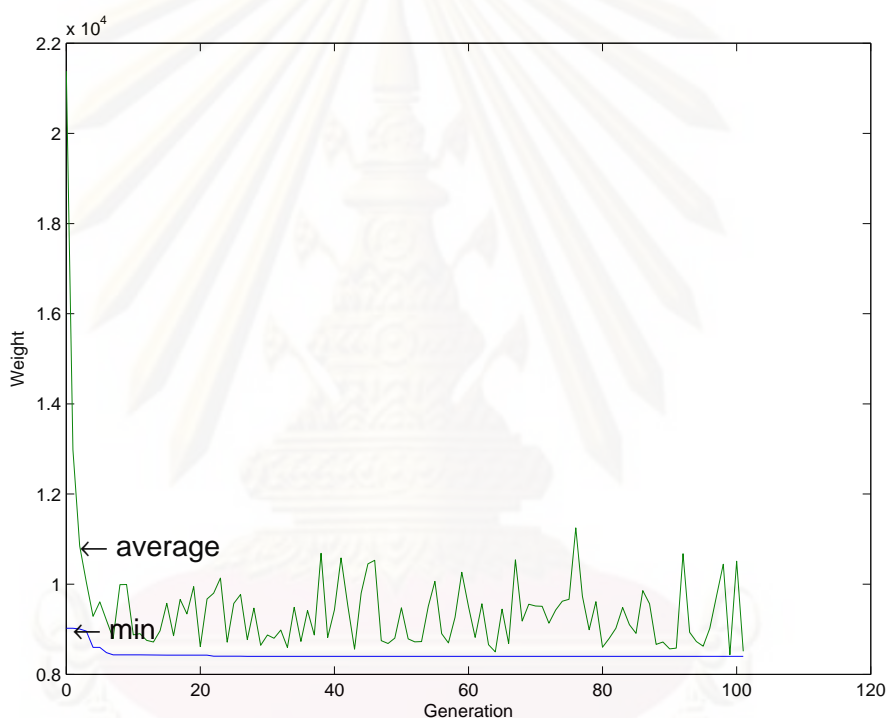
รูปที่ 4.1 ผลการคำนวณออกแบบโครงข้อหมุนหลักตัวริมของตัวอย่างที่ 1



รูปที่ 4.2 ผลการคำนวณออกแบบโครงข้อหมุนหลักตัวในของตัวอย่างที่ 1



รูปที่ 4.3 ผลการคำนวณออกแบบโครงข้อหมุนรองของตัวอย่างที่ 1



รูปที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักของโครงสร้างกับรุ่นประชากรตัวอย่างที่ 1

ผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณ น้ำหนักของโครงหลังคาเท่ากับ 8400.61 กิโลกรัม ค่าระยะต่าง ๆ ของโครงหลังคาแสดงในตารางที่ 4.2 และรูปที่ 4.1 ถึงรูปที่ 4.3 แสดงขนาดหน้าตัดที่ได้จากการออกแบบอย่างเหมาะสม ส่วนรูปที่ 4.4 แสดงการลู่เข้าสู่คำตอบที่เหมาะสมซึ่งจะเริ่มลู่เข้าในประชากรรุ่นที่ 27

เปรียบเทียบแรงภายในสูงสุดในชิ้นส่วนต่าง ๆ ของโครงข้อหมุนรอง โครงข้อหมุนหลักตัวริม และตัวในจากงานวิจัยกับผลจากการวิเคราะห์จากโปรแกรม STAADPro ดังแสดงในตารางที่ 4.3 และตารางที่ 4.4 ซึ่งจะเห็นว่ามีความใกล้เคียงกัน

ตารางที่ 4.3 เปรียบเทียบแรงภายในสูงสุดของโครงข้อหมุนรองระหว่างผลจากงานวิจัยนี้และ
จากโปรแกรม STAADPro

ชิ้นส่วน	แรงภายในสูงสุด (กก.)		แตกต่าง (%)
	งานวิจัย	STAADPro	
1	23.7447	23.7449	0.0008
2	35.6171	35.6174	0.0008
3	35.6171	35.6174	0.0008
4	23.7447	23.7449	0.0008
5	0.0000	0.0000	0.0000
6	0.0000	0.0000	0.0000
7	-23.7447	-23.7449	0.0008
8	-35.6171	-35.6174	0.0008
9	-35.6171	-35.6174	0.0008
10	-23.7447	-23.7449	0.0008
11	-3.5617	-3.5617	0.0000
12	7.1234	7.1235	0.0014
13	0.0000	0.0000	0.0000
14	-7.1234	-7.1235	0.0014
15	-14.2468	-14.2470	0.0014
16	-17.8085	-17.8087	0.0011
17	-27.6909	-27.6911	0.0007
18	-13.8454	-13.8456	0.0014
19	0.0000	0.0000	0.0000
20	13.8454	13.8456	0.0014
21	27.6909	27.6911	0.0007

ตารางที่ 4.4 เปรียบเทียบแรงภายในสูงสุดของโครงข้อหมุนหลักระหว่างผลจากงานวิจัยนี้และ
จากโปรแกรม STAADPro

ชิ้นส่วน	แรงภายในสูงสุด โครงข้อหมุนหลักตัวริม (กก.)			แรงภายในสูงสุด โครงข้อหมุนหลักตัวใน (กก.)		
	งานวิจัย	STAADPro	แตกต่าง (%)	งานวิจัย	STAADPro	แตกต่าง (%)
1	11.5629	11.5704	0.0648	23.1259	23.1408	0.0644
2	2323.0450	2322.2766	-0.0331	4592.9616	4591.3798	-0.0345
3	3450.9666	3456.9801	0.1740	6831.3358	6843.0970	0.1719
4	2017.1250	2030.8455	0.6756	4035.6930	4062.5576	0.6613
5	-544.6382	-556.2625	2.0897	-998.3239	-1022.0637	2.3227
6	-4301.5247	-4301.4419	-0.0019	-8386.9282	-8386.8897	-0.0005
7	-4301.5247	-4301.4419	-0.0019	-8386.9282	-8386.8897	-0.0005
8	-1261.5590	-1260.5924	-0.0767	-2396.1453	-2394.5056	-0.0685
9	583.2834	598.6741	2.5708	1240.0503	1270.4194	2.3905
10	583.2834	587.6326	0.7401	1240.0503	1248.4689	0.6743
11	-1261.5590	-1260.5946	-0.0765	-2396.1453	-2394.5103	-0.0683
12	-4301.5247	-4306.5256	0.1161	-8386.9282	-8397.1217	0.1214
13	-4301.5247	-4306.5256	0.1161	-8386.9282	-8397.1217	0.1214
14	-544.6382	-552.7139	1.4611	-998.3239	-1014.6359	1.6077
15	2017.1250	2030.8458	0.6756	4035.6930	4062.5584	0.6613
16	3450.9666	3456.9801	0.1740	6831.3358	6843.0970	0.1719
17	2323.0450	2322.2801	-0.0329	4592.9616	4591.3872	-0.0343
18	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
19	-2323.0450	-2325.8446	0.1204	-4592.9616	-4598.4345	0.1190
20	-3450.9666	-3451.6766	0.0206	-6831.3358	-6832.5996	0.0185
21	-3383.7647	-3393.4065	0.2841	-6715.1226	-6733.9905	0.2802
22	-3383.7647	-3393.4065	0.2841	-6715.1226	-6733.9905	0.2802
23	-2017.1250	-2027.2168	0.4978	-4035.6930	-4055.2990	0.4835
24	544.6382	557.3555	2.2817	998.3239	1024.0878	2.5158
25	1261.5590	1262.5291	0.0768	2396.1453	2398.1847	0.0850

ตารางที่ 4.4 (ต่อ) เปรียบเทียบแรงภายในสูงสุดของโครงข้อมุมหลักระหว่างผลจากงานวิจัยนี้และ
จากโปรแกรม STAADPro

ชิ้นส่วน	แรงภายในสูงสุด โครงข้อมุมหลักตัวริม (กก.)			แรงภายในสูงสุด โครงข้อมุมหลักตัวใน (กก.)		
	งานวิจัย	STAADPro	แตกต่าง (%)	งานวิจัย	STAADPro	แตกต่าง (%)
26	-583.2834	-597.7557	2.4211	-1240.0503	-1268.4705	2.2405
27	-1233.0023	-1242.6468	0.7761	-2521.6584	-2540.6067	0.7458
28	-1233.0023	-1242.6468	0.7761	-2521.6584	-2540.6067	0.7458
29	-583.2834	-586.7312	0.5876	-1240.0503	-1246.5536	0.5217
30	1261.5590	1262.5315	0.0770	2396.1453	2398.1894	0.0852
31	544.6382	553.7033	1.6372	998.3239	1016.4521	1.7835
32	-2017.1250	-2027.2169	0.4978	-4035.6930	-4055.2994	0.4835
33	-3383.7647	-3393.4062	0.2841	-6715.1226	-6733.9897	0.2802
34	-3383.7647	-3393.4058	0.2841	-6715.1226	-6733.9897	0.2802
35	-3450.9666	-3451.6770	0.0206	-6831.3358	-6832.6004	0.0185
36	-2323.0450	-2325.8482	0.1205	-4592.9616	-4598.4407	0.1192
37	-1483.5172	-1485.4356	0.1291	-2929.2995	-2933.0590	0.1282
38	-1025.3712	-1006.6679	-1.8579	-2022.4892	-1985.4774	-1.8641
39	-389.8170	-389.3854	-0.1108	-770.3441	-774.7759	0.5720
40	694.6098	722.4420	3.8525	1389.9749	1445.1148	3.8156
41	-1152.3190	-1171.4625	1.6342	-2257.0378	-2295.4090	1.6716
42	-1787.8732	-1791.6546	0.2111	-3509.1829	-3515.8768	0.1904
43	-2601.0239	-2568.1029	-1.2819	-5144.2007	-5079.9461	-1.2649
44	-1406.6222	-1417.8166	0.7896	-2765.8361	-2787.0989	0.7629
45	-771.0680	-776.2256	0.6644	-1513.6910	-1524.6561	0.7192
46	-67.1265	-67.1082	-0.0273	-107.8056	-107.6834	-0.1135
47	-771.0680	-779.2158	1.0456	-1513.6910	-1530.5996	1.1047
48	-1406.6222	-1420.7502	0.9944	-2765.8361	-2792.9320	0.9702
49	-2601.0239	-2569.6867	-1.2195	-5144.2007	-5083.0599	-1.2028
50	-1787.8732	-1792.1492	0.2386	-3509.1829	-3516.8719	0.2186

ตารางที่ 4.4 (ต่อ) เปรียบเทียบแรงภายในสูงสุดของโครงข้อหมุนหลักระหว่างผลจากงานวิจัยนี้และ
จากโปรแกรม STAADPro

ชิ้นส่วน	แรงภายในสูงสุด โครงข้อหมุนหลักตัวริม (กก.)			แรงภายในสูงสุด โครงข้อหมุนหลักตัวใน (กก.)		
	งานวิจัย	STAADPro	แตกต่าง (%)	งานวิจัย	STAADPro	แตกต่าง (%)
51	-1152.3190	-1171.8785	1.6691	-2257.0378	-2296.2463	1.7075
52	694.6098	722.4413	3.8524	1389.9749	1445.1133	3.8155
53	-389.8170	-389.3854	-0.1108	-770.3441	-774.7701	0.5713
54	-1025.3712	-1006.6693	-1.8578	-2022.4892	-1985.4802	-1.8640
55	-1483.5172	-1485.4351	0.1291	-2929.2995	-2933.0584	0.1282
56	2434.2563	2433.0739	-0.0486	4812.8408	4810.4372	-0.0500
57	1181.9187	1186.7220	0.4048	2345.5321	2354.9713	0.4008
58	-70.4190	-67.1520	-4.8651	-121.7767	-117.5124	-3.6288
59	1432.0650	1425.3797	-0.4690	2807.7021	2794.5954	-0.4690
60	2684.4027	2704.2211	0.7329	5275.0109	5313.9719	0.7332
61	3936.7403	3924.9571	-0.3002	7742.3196	7719.1674	-0.2999
62	3185.4983	3179.0168	-0.2039	6277.5802	6264.8049	-0.2039
63	1933.1607	1934.8316	0.0864	3810.2715	3813.5630	0.0863
64	680.8230	679.4371	-0.2040	1342.9627	1340.2281	-0.2040
65	680.8230	685.2125	0.6406	1342.9627	1351.7097	0.6471
66	1933.1607	1940.6252	0.3846	3810.2715	3825.0814	0.3872
67	3185.4983	3184.7905	-0.0222	6277.5802	6276.2832	-0.0207
68	3936.7403	3925.8401	-0.2777	7742.3196	7720.9451	-0.2768
69	2684.4027	2705.1185	0.7658	5275.0109	5315.7784	0.7669
70	1432.0650	1426.2639	-0.4067	2807.7021	2796.3750	-0.4051
71	-70.4190	-67.3899	-4.4949	-121.7767	-121.9190	0.1167
72	1181.9187	1186.7188	0.4045	2345.5321	2354.9651	0.4006
73	2434.2563	2433.0772	-0.0485	4812.8408	4810.4439	-0.0498

4.3 ตัวอย่างที่ 2

คำนวณออกแบบโครงหลังคาที่มีความกว้างของโครงหลังคา 60 เมตร ความยาวของโครงหลังคา 80 เมตร ระยะช่วงพาดของโครงข้อหมุนหลักที่ยอมรับได้อยู่ในช่วง 5-10 เมตร ระยะช่วงย่อยของโครงข้อหมุนหลักที่ยอมรับได้ 0.8-1.5 เมตร ความลึกของโครงข้อหมุนที่ยอมรับได้ 0.5-2.0 เมตร ความชันของโครงหลังคาที่ยอมรับได้ 5-20 องศา ระยะห่างระหว่างโครงข้อหมุนหลักที่ยอมรับได้ 8-10 เมตร ข้อหมุนโดยป้อนข้อมูลเริ่มต้นตามตารางที่ 4.5 แสดงผลการคำนวณที่ได้จากงานวิจัย ซึ่งผลที่ได้จากการออกแบบอย่างเหมาะสมของตัวอย่างนี้นำไปใช้เป็นข้อมูลเริ่มต้นของกรณีศึกษาที่ 1 ถึง 2 ต่อไป

ตารางที่ 4.5 ข้อมูลเริ่มต้นสำหรับตัวอย่างที่ 2

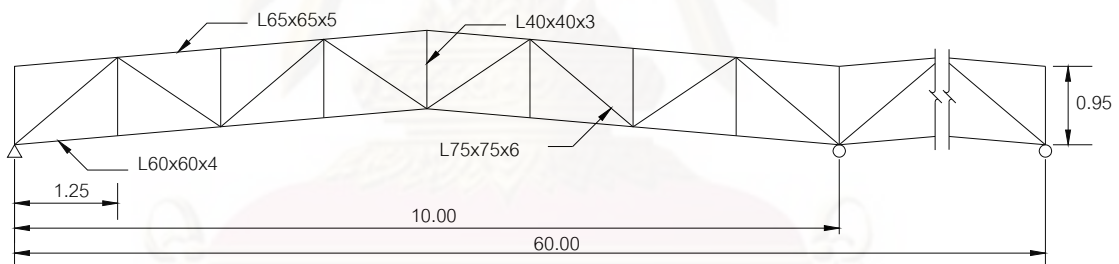
	ค่า	หน่วย
ความกว้างของโครงหลังคา	60	เมตร
ระยะช่วงพาดของโครงข้อหมุนหลักน้อยสุดที่ยอมรับได้	6	เมตร
ระยะช่วงพาดของโครงข้อหมุนหลักมากที่สุดที่ยอมรับได้	10	เมตร
ระยะช่วงย่อยของโครงข้อหมุนหลักน้อยสุดที่ยอมรับได้	0.8	เมตร
ระยะช่วงย่อยของโครงข้อหมุนหลักมากที่สุดที่ยอมรับได้	1.5	เมตร
ความลึกของโครงข้อหมุนน้อยสุดที่ยอมรับได้	0.5	เมตร
ความลึกของโครงข้อหมุนมากที่สุดที่ยอมรับได้	2.0	เมตร
ความชันของโครงหลังคาน้อยสุดที่ยอมรับได้	5	องศา
ความชันของโครงหลังคามากที่สุดที่ยอมรับได้	20	องศา
ความยาวของโครงหลังคา	80	เมตร
ระยะห่างของโครงข้อหมุนหลักน้อยสุดที่ยอมรับได้	8	เมตร
ระยะห่างของโครงข้อหมุนหลักมากที่สุดที่ยอมรับได้	10	เมตร
น้ำหนักบรรทุกคงที่ที่กระทำที่ส่วนบน	-50	กก./ตร.ม.
น้ำหนักบรรทุกคงที่ที่กระทำที่ส่วนบน	-50	กก./ตร.ม.
น้ำหนักบรรทุกคงที่ที่กระทำที่ส่วนล่าง	-30	กก./ตร.ม.
น้ำหนักบรรทุกคงที่ที่กระทำที่ส่วนล่าง	-30	กก./ตร.ม.
น้ำหนักบรรทุกเนื่องจากแรงลม	50	กก./ตร.ม.
ชนิดของหน้าตัด	angle	-

ตารางที่ 4.6 ผลลัพธ์ที่ได้จากการออกแบบของตัวอย่างที่ 2

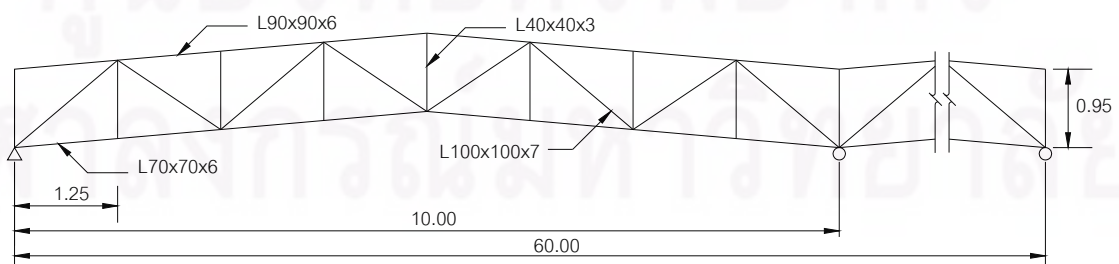
ตัวแปร	ค่า	หน่วย
จำนวนช่วงพาดของโครงข้อหมุนหลัก	6	ช่วง
ระยะช่วงพาดของโครงข้อหมุนหลัก	10.00	เมตร
จำนวนช่วงระหว่างโครงข้อหมุนหลัก	10	ช่วง
ระยะห่างของโครงข้อหมุนหลัก	8.00	เมตร
ความลึกของโครงข้อหมุน	0.95	เมตร
จำนวนโครงข้อหมุนหลัก	11	each
จำนวนช่วงย่อยของโครงข้อหมุนหลัก	48	ช่วง
ระยะช่วงย่อยของโครงข้อหมุนหลัก	1.25	เมตร
รูปแบบของโครงข้อหมุนหลัก	4	-
จำนวนโครงข้อหมุนรอง	130	each
จำนวนช่วงย่อยของโครงข้อหมุนรอง	8	ช่วง
ระยะช่วงย่อยของโครงข้อหมุนรอง	1.00	เมตร
จำนวนแป	600	each
ความชันของโครงหลังคา	5	องศา
โครงข้อหมุนหลักตัวริม		
องค์อาคารส่วนล่าง	L60x60x4	
องค์อาคารส่วนบน	L65x65x5	
องค์อาคารแนวตั้ง	L40x40x3	
องค์อาคารแนวทแยง	L75x75x6	
โครงข้อหมุนหลักตัวใน		
องค์อาคารส่วนล่าง	L70x70x6	
องค์อาคารส่วนบน	L90x90x6	
องค์อาคารแนวตั้ง	L40x40x3	
องค์อาคารแนวทแยง	L100x100x7	

ตารางที่ 4.6 (ต่อ) ผลลัพธ์ที่ได้จากการออกแบบของตัวอย่างที่ 2

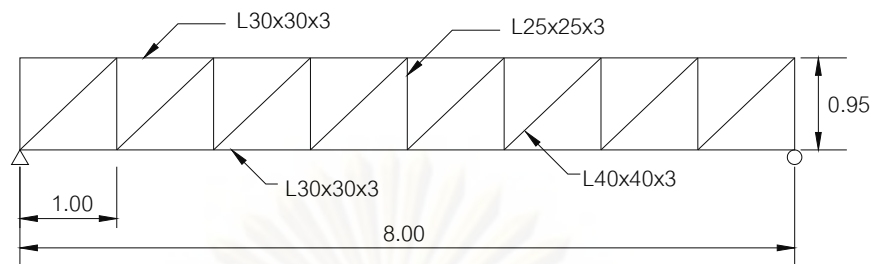
ตัวแปร	ค่า	หน่วย
โครงข้อหมุนรอง		
องค์อาคารส่วนล่าง	L30x30x3	
องค์อาคารส่วนบน	L30x30x3	
องค์อาคารแนวตั้ง	L25x25x3	
องค์อาคารแนวทแยง	L40x40x3	
แป	C200x80x7.5	
น้ำหนักรวมของแป	117801.95	กิโลกรัม
น้ำหนักรวมของโครงข้อหมุนหลัก	6681.29	กิโลกรัม
น้ำหนักรวมของโครงข้อหมุนรอง	18190.65	กิโลกรัม
น้ำหนักรวมของโครงหลังคา	142673.89	กิโลกรัม



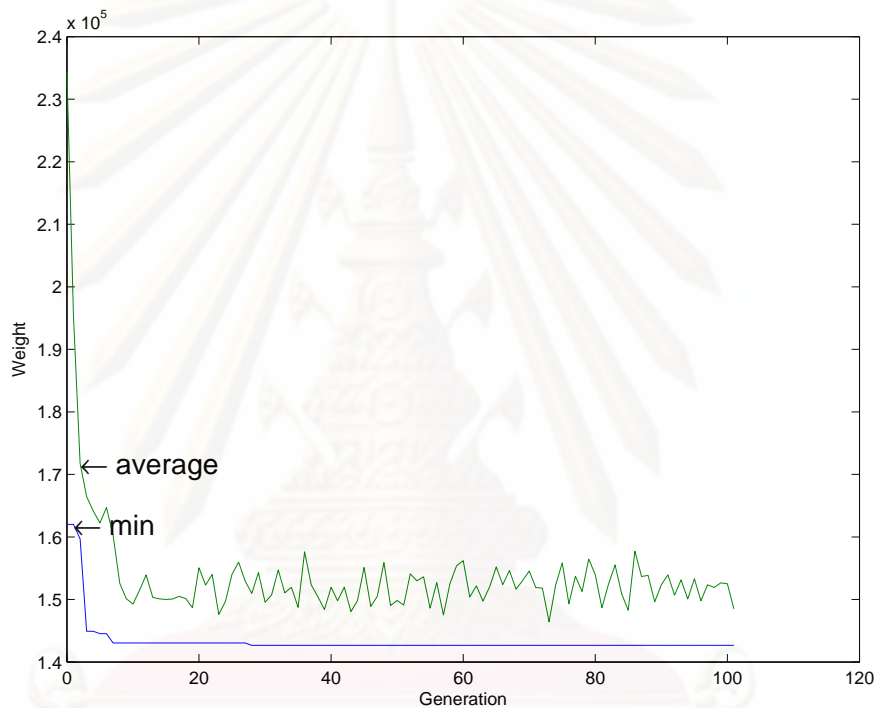
รูปที่ 4.5 ผลการคำนวณออกแบบโครงข้อหมุนหลักตัวริมของตัวอย่างที่ 2



รูปที่ 4.6 ผลการคำนวณออกแบบโครงข้อหมุนหลักตัวในของตัวอย่างที่ 2



รูปที่ 4.7 ผลการคำนวณออกแบบโครงข้อหมุนรองของตัวอย่างที่ 2



รูปที่ 4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักของโครงสร้างกับรุ่นประชากรตัวอย่างที่ 2

ผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณ ค่าระยะต่าง ๆ ของโครงหลังคาแสดงในตารางที่ 4.6 และรูปที่ 4.5 ถึงรูปที่ 4.7 แสดงขนาดหน้าตัดที่คำนวณได้ ส่วนรูปที่ 4.8 แสดงการลู่เข้าสู่ค่าตอบที่เหมาะสม ซึ่งจะเริ่มลู่เข้าในประชากรรุ่นที่ 28

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

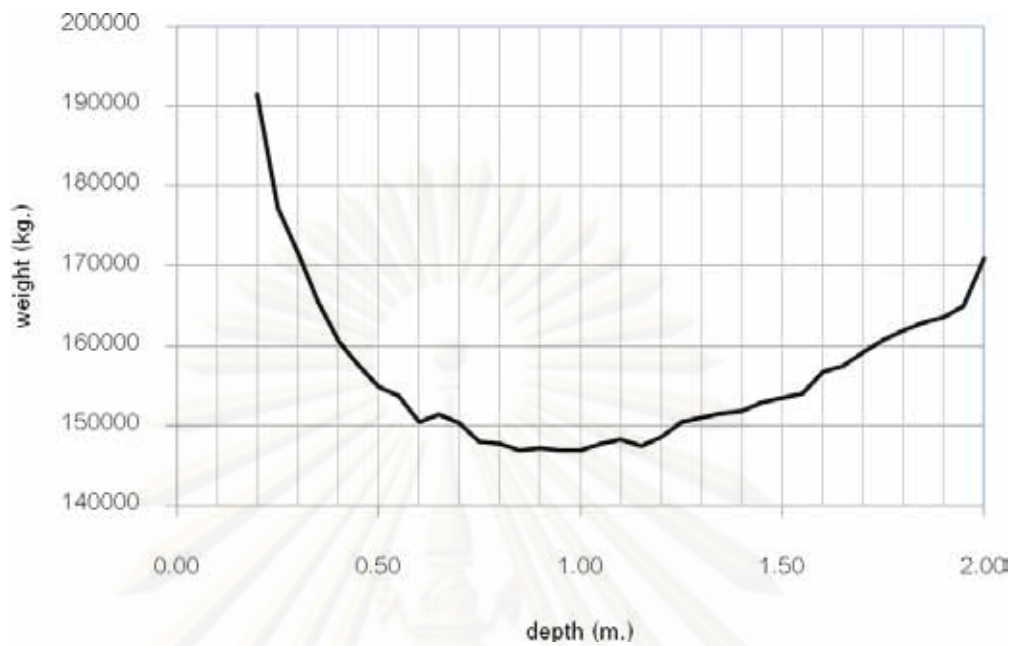
4.4 กรณีศึกษาที่ 1

จากผลการออกแบบในตัวอย่างที่ 2 ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความลึกของโครงหลังคา กับน้ำหนักรวมของโครงหลังคา โดยเริ่มจากความลึก 0.20 เมตร และเพิ่มความลึกทีละ 0.05 เมตร จนถึงความลึก 2.00 เมตร โดยกำหนดค่าตัวแปรอื่น ๆ อ้างอิงตามผลลัพธ์ที่ได้จากตัวอย่างที่ 2 ดังตารางที่ 4.7

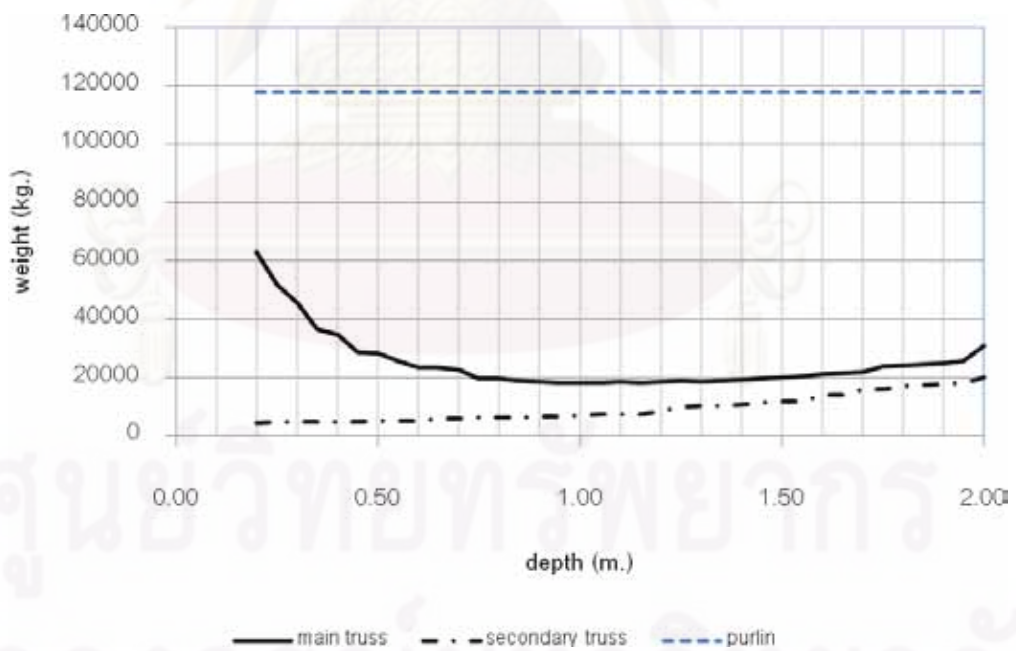
ตารางที่ 4.7 ตัวแปรสำหรับกรณีศึกษาที่ 1

ตัวแปร	ค่า	หน่วย
ความกว้างของโครงหลังคา	60	เมตร
จำนวนช่วงพาดของโครงข้อหมุนหลัก	6	ช่วง
ระยะช่วงพาดของโครงข้อหมุนหลัก	10.00	เมตร
ความยาวของโครงหลังคา	80	เมตร
จำนวนช่วงระหว่างโครงข้อหมุนหลัก	10	ช่วง
ระยะห่างระหว่างโครงข้อหมุนหลัก	8.00	เมตร
ความชันโครงหลังคา	5	องศา
ระยะช่วงย่อยของโครงข้อหมุนหลัก	1.25	เมตร
น้ำหนักบรรทุกทุกครั้งที่กระทำที่ส่วนบน	-50	กก./ตร.ม.
น้ำหนักบรรทุกจรที่กระทำที่ส่วนบน	-50	กก./ตร.ม.
น้ำหนักบรรทุกทุกครั้งที่กระทำที่ส่วนล่าง	-30	กก./ตร.ม.
น้ำหนักบรรทุกจรที่กระทำที่ส่วนล่าง	-30	กก./ตร.ม.
น้ำหนักบรรทุกเนื่องจากแรงลม	50	กก./ตร.ม.
ชนิดของหน้าตัด	angle	-
รูปแบบของโครงข้อหมุนหลัก	4	-

ผลการศึกษาแสดงในรูปที่ 4.9 น้ำหนักน้อยที่สุดของโครงหลังคาเท่ากับ 142673.89 กิโลกรัม เมื่อความลึกของโครงข้อหมุนมีค่าเท่ากับ 0.95 เมตร จะเห็นว่าเมื่อความลึกของโครงข้อหมุนมีค่าตั้งแต่ 0.20-0.95 เมตร น้ำหนักของโครงหลังคามีแนวโน้มลดลง แต่เมื่อความลึกของโครงข้อหมุนมีค่าตั้งแต่ 0.95-2.00 เมตร น้ำหนักของโครงหลังคามีแนวโน้มเพิ่มขึ้น รูปที่ 4.10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความลึกของโครงข้อหมุนและน้ำหนักของชิ้นส่วนต่าง ๆ



รูปที่ 4.9 ความสัมพันธ์ระหว่างความลึกของโครงข้อหมุนและน้ำหนักของโครงหลังคา
เมื่อจำนวนช่วงพาดเท่ากับ 6 ช่วงและช่วงระหว่างโครงข้อหมุนหลักเท่ากับ 10 ช่วง



รูปที่ 4.10 ความสัมพันธ์ระหว่างความลึกของโครงข้อหมุนและน้ำหนักของชิ้นส่วนต่าง ๆ
เมื่อจำนวนช่วงพาดเท่ากับ 6 ช่วงและช่วงระหว่างโครงข้อหมุนหลักเท่ากับ 10 ช่วง

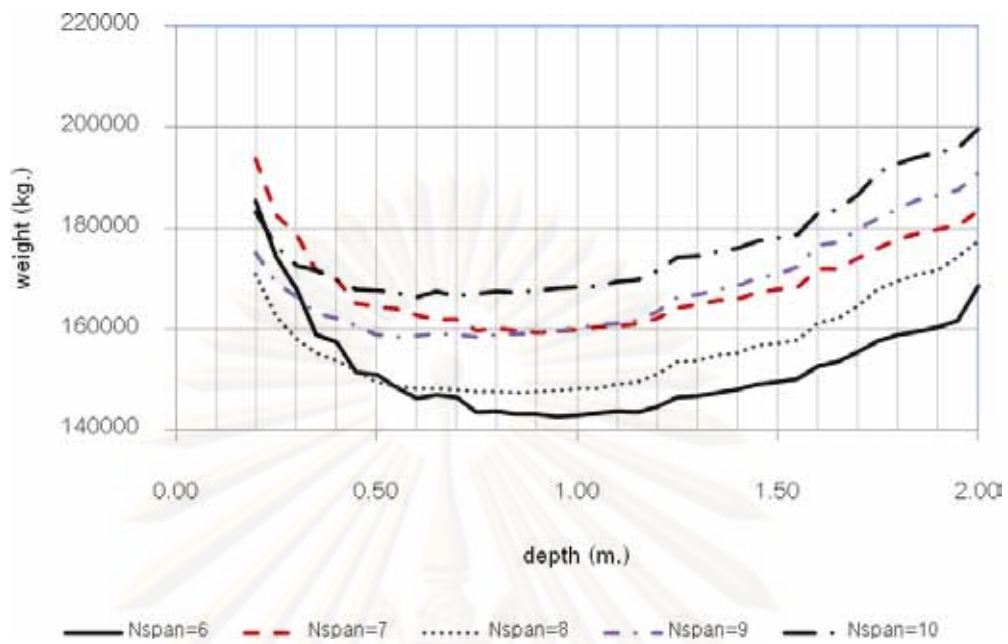
4.5 กรณีศึกษาที่ 2

จากผลการออกแบบในตัวอย่างที่ 2 ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความลึกของโครงหลังคา กับน้ำหนักรวมของโครงหลังคา โดยเริ่มจากความลึก 0.20 เมตร และเพิ่มความลึกทีละ 0.05 เมตร จนถึงความลึก 2.00 เมตร โดยพิจารณาเปลี่ยนแปลงค่าตัวแปรต่อไปนี้ จำนวนช่วงพาดของโครง ข้อหมุนหลัก รูปแบบโครงข้อหมุนหลัก ความชันของโครงหลังคา จำนวนช่วงระหว่างโครงข้อหมุนหลัก และจำนวนช่วงย่อยของโครงข้อหมุนหลัก โดยเปลี่ยนแปลงครั้งละตัวแปร ตัวแปรที่ไม่ได้ทำการเปลี่ยนแปลงใช้ค่าเท่ากับผลการออกแบบอย่างเหมาะสมที่คำนวณได้ในตัวอย่างที่ 2

ตารางที่ 4.8 ตัวแปรสำหรับกรณีศึกษาที่ 2

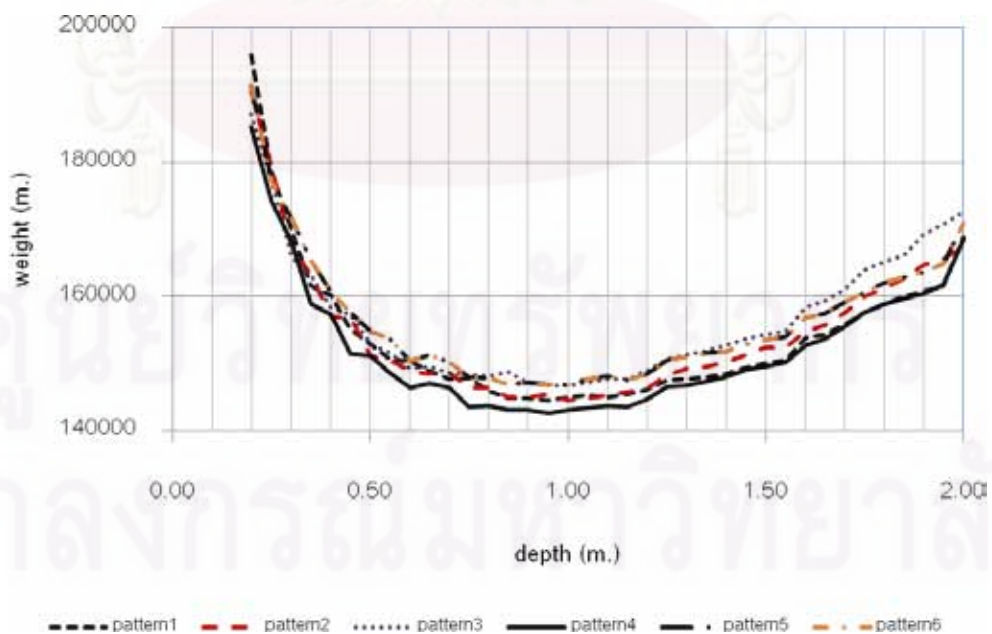
ตัวแปร	ค่า	หน่วย
ความกว้างของโครงหลังคา	60	เมตร
ความยาวของโครงหลังคา	80	เมตร
น้ำหนักบรรทุกทุกครั้งที่กระทำที่ส่วนบน	-50	กก./ตร.ม.
น้ำหนักบรรทุกจรที่กระทำที่ส่วนบน	-50	กก./ตร.ม.
น้ำหนักบรรทุกทุกครั้งที่กระทำที่ส่วนล่าง	-30	กก./ตร.ม.
น้ำหนักบรรทุกจรที่กระทำที่ส่วนล่าง	-30	กก./ตร.ม.
น้ำหนักบรรทุกเนื่องจากแรงลม	50	กก./ตร.ม.
ชนิดของหน้าตัด	angle	-
จำนวนช่วงพาดของโครงข้อหมุนหลัก	6, 7, 8, 9, 10	ช่วง
รูปแบบของโครงข้อหมุนหลัก	1, 2, 3, 4, 5, 6	-
ความชันโครงหลังคา	5, 10, 20, 25	องศา
จำนวนช่วงระหว่างโครงข้อหมุนหลัก	8, 9, 10	เมตร
ระยะช่วงย่อยของโครงข้อหมุนหลัก	0.83, 1.00, 1.25	เมตร

จากรูปที่ 4.11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักของโครงหลังคาและความลึกของโครงข้อหมุน เมื่อจำนวนช่วงพาดของโครงข้อหมุนหลักมีค่าเท่ากับ 6, 7, 8, 9 และ 10 ช่วง ค่าน้ำหนักของโครงหลังคาน้อยที่สุดเท่ากับ 142673.89 กิโลกรัม ที่ความลึกของโครงข้อหมุน 0.95 เมตร จำนวนช่วงพาดของโครงข้อหมุนหลัก 6 ช่วง ที่ความลึกของโครงข้อหมุนที่เท่ากันจำนวนช่วงพาดของโครงข้อหมุนหลักเท่ากับ 10 ช่วงมีค่าน้ำหนักของโครงหลังคามากกว่าจำนวนช่วงพาดค่าอื่น



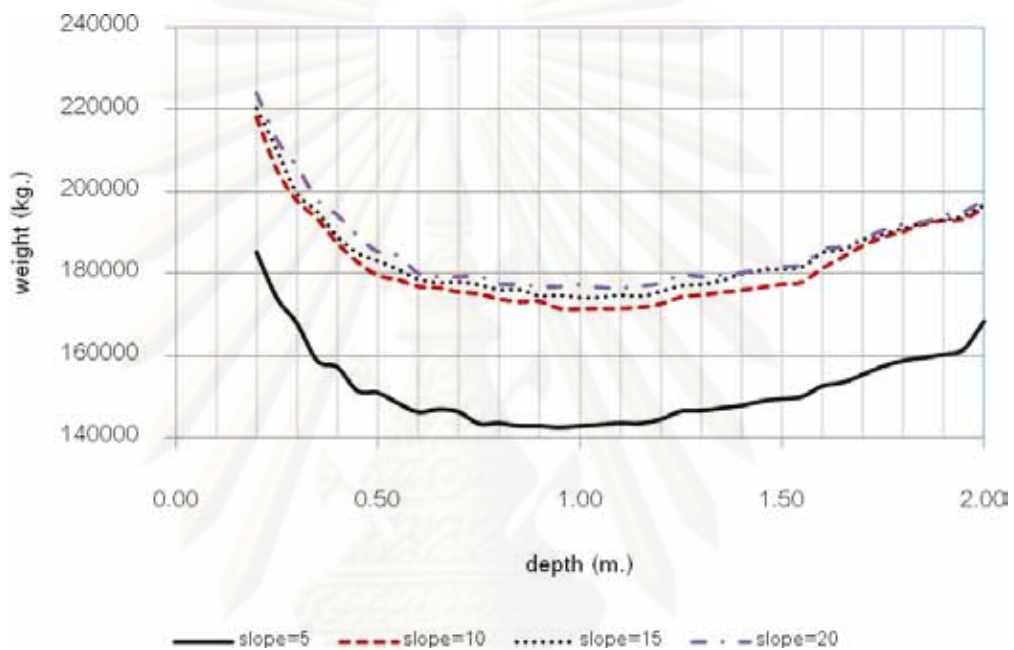
รูปที่ 4.11 ความสัมพันธ์ระหว่างความลึกของโครงข้อหมุนและน้ำหนักรวมของโครงหลังคา โดยจำนวนช่วงพาดของโครงข้อหมุนหลักมีเท่ากับกับ 6, 7, 8, 9 และ 10 ช่วง

จากรูปที่ 4.12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักของโครงหลังคาและความลึกของโครงข้อหมุน โดยใช้รูปแบบของโครงข้อหมุนรูปแบบที่ 1, 2, 3, 4, 5 และ 6 เมื่อใช้โครงข้อหมุนรูปแบบที่ 4 ค่าน้ำหนักของโครงหลังคาน้อยที่สุดเท่ากับ 142673.89 กิโลกรัม ที่ความลึกของโครงข้อหมุนเท่ากับ 0.95 เมตร



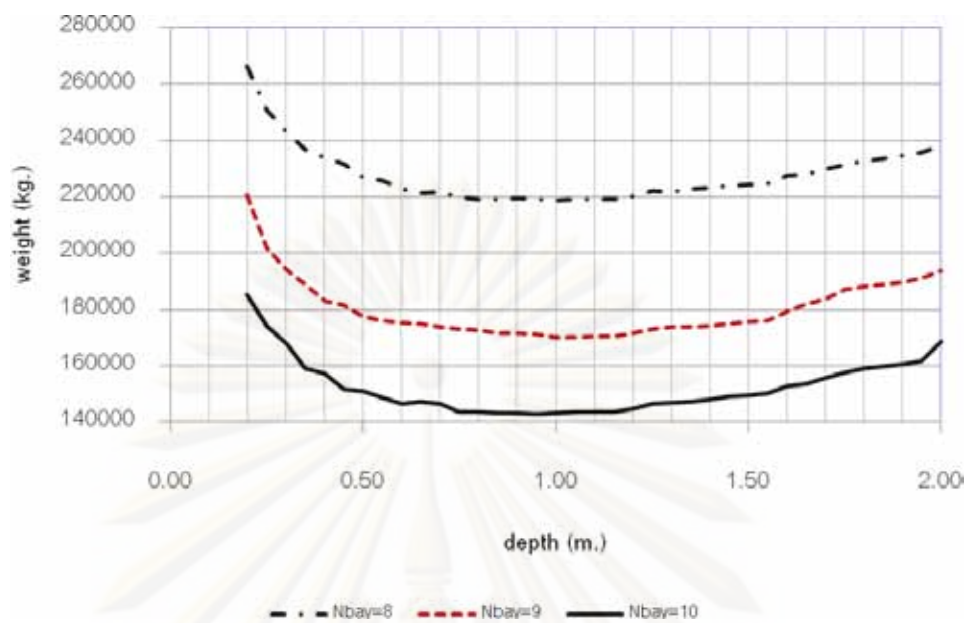
รูปที่ 4.12 ความสัมพันธ์ระหว่างความลึกของโครงข้อหมุนและน้ำหนักรวมของโครงหลังคา โดยใช้รูปแบบของโครงข้อหมุนหลักรูปแบบที่ 1, 2, 3, 4, 5 และ 6

จากรูปที่ 4.13 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักของโครงหลังคาและความลึกของโครงข้อหมุน เมื่อความชันของโครงหลังคามีค่าเท่ากับ 5, 10, 15 และ 20 องศา ที่ความชันของโครงหลังคา 5 องศาค่าน้ำหนักของโครงหลังคาน้อยที่สุดเท่ากับ 142673.89 กิโลกรัม ที่ความลึกของโครงข้อหมุน 0.95 เมตร และน้ำหนักของโครงหลังคามีค่าเพิ่มขึ้นตามความชันที่เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับความลึกของโครงข้อหมุนที่เท่ากัน



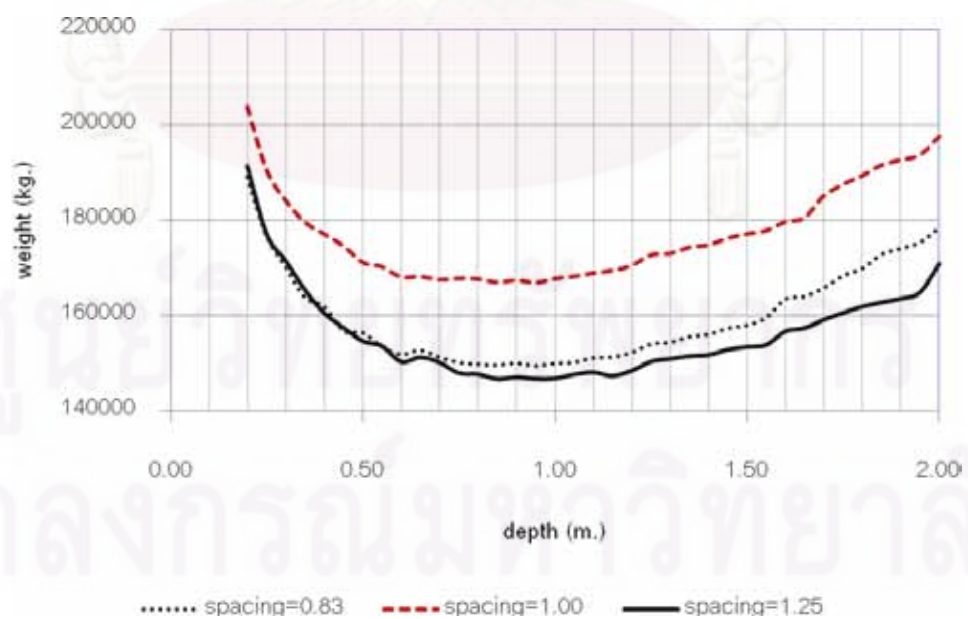
รูปที่ 4.13 ความสัมพันธ์ระหว่างความลึกของโครงข้อหมุนและน้ำหนักรวมของโครงหลังคา โดยความชันของโครงหลังคามีค่าเท่ากับ 5, 10, 15 และ 20 องศา

จากรูปที่ 4.14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักของโครงหลังคาและความลึกของโครงข้อหมุน เมื่อจำนวนช่วงระหว่างโครงข้อหมุนเท่ากับ 8, 9 และ 10 ช่วง เมื่อจำนวนช่วงระหว่างโครงข้อหมุนหลักเท่ากับ 8 ช่วง น้ำหนักของโครงหลังคาน้อยที่สุดเท่ากับ 142673.89 กิโลกรัม ที่ความลึกของโครงข้อหมุน 0.95 เมตร และน้ำหนักของโครงหลังคามีค่าเพิ่มขึ้นตามจำนวนช่วงระหว่างโครงข้อหมุนหลักที่ลดลงเมื่อเทียบกับความลึกของโครงข้อหมุนที่เท่ากัน



รูปที่ 4.14 ความสัมพันธ์ระหว่างความลึกของโครงข้อหมุนและน้ำหนักรวมของโครงหลังคา โดยจำนวนช่วงระหว่างโครงข้อหมุนมีค่าเท่ากับ 8, 9, และ 10 ช่วง

จากรูปที่ 4.15 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักของโครงหลังคาและความลึกของโครงข้อหมุน เมื่อเท่ากับ 0.83, 1.00 และ 1.25 เมตร เมื่อระยะช่วงย่อยของโครงข้อหมุนหลักเท่ากับ 1.25 เมตร น้ำหนักของโครงหลังคาน้อยที่สุดเท่ากับ 142673.89 กิโลกรัม ที่ความลึกของโครงข้อหมุน 0.95 เมตร



รูปที่ 4.15 ความสัมพันธ์ระหว่างความลึกของโครงข้อหมุนและน้ำหนักรวมของโครงหลังคา โดยระยะช่วงย่อยของโครงข้อหมุนหลักมีค่าเท่ากับ 0.83, 1.00 และ 1.25 เมตร

4.6 กรณีศึกษาที่ 3

จากข้อมูลเริ่มต้นของตัวอย่างที่ 2 ออกแบบโครงหลังคาขนาด 60x80 ตร.ม.คำนวณออกแบบอย่างเหมาะสมโดยเลือกใช้หน้าตัดชนิดเหล็กทรงน้ำ รูปตัวเอช รูปตัวไอ ท่อกลมและท่อเหลี่ยมตามลำดับ เปรียบเทียบคำตอบที่ได้จากการคำนวณออกแบบอย่างเหมาะสม

ผลของการออกแบบอย่างเหมาะสมดังแสดงในตารางที่ 4.9 จะเห็นว่าหน้าตัดชนิดท่อกลมมีน้ำหนักของโครงหลังคาน้อยที่สุด หน้าตัดรูปตัวไอมีน้ำหนักโครงหลังคามากที่สุด ซึ่งจากคำตอบการออกแบบที่เหมาะสมของทุกหน้าตัดจะให้ค่าระยะช่วงพาดและระยะระหว่างโครงข้อหมุนหลักเท่ากัน แตกต่างกันเฉพาะความสูงของโครงข้อหมุน และรูปแบบของโครงข้อหมุนหลักแบบที่ 4 เป็นค่าที่เหมาะสมเหมือนกันทุกชนิดหน้าตัด ยกเว้นหน้าตัดเหล็กทรงน้ำรูปแบบที่ 2 คือรูปแบบที่เหมาะสม

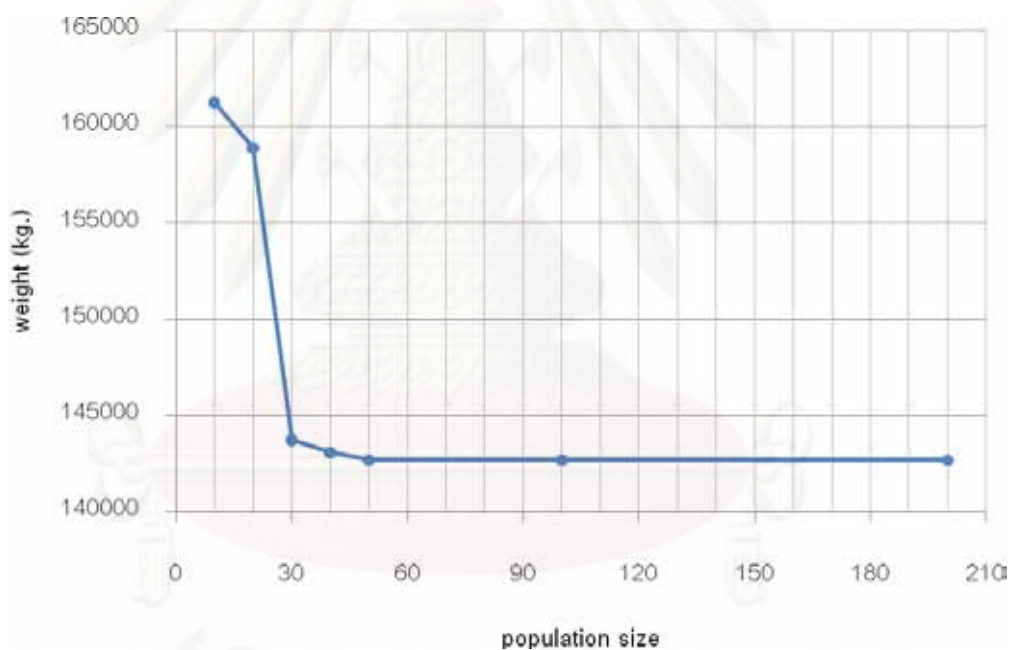
ตารางที่ 4.9 เปรียบเทียบผลการออกแบบอย่างเหมาะสมของหน้าตัดชนิดต่างๆ

ตัวแปร	เหล็กฉาก	รงน้ำ	รูปตัวเอช	รูปตัวไอ	ท่อกลม	ท่อเหลี่ยม
จำนวนช่วงพาดของโครงข้อหมุนหลัก	6	6	6	6	6	6
ระยะช่วงพาดของโครงข้อหมุนหลัก (ม.)	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
จำนวนช่วงระหว่างโครงข้อหมุนหลัก	10	10	10	10	10	10
ระยะห่างของโครงข้อหมุนหลัก (ม.)	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
ความลึกของโครงข้อหมุน (ม.)	0.95	1.10	0.60	0.50	1.35	1.20
จำนวนโครงข้อหมุนหลัก	11	11	11	11	11	11
จำนวนช่วงย่อยของโครงข้อหมุนหลัก	48	48	48	48	48	48
ระยะช่วงย่อยของโครงข้อหมุนหลัก (ม.)	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25
รูปแบบของโครงข้อหมุนหลัก	4	4	2	4	4	4
จำนวนโครงข้อหมุนรอง	130	130	130	130	130	130
จำนวนช่วงย่อยของโครงข้อหมุนรอง	8	8	8	8	8	8
ระยะช่วงย่อยของโครงข้อหมุนรอง (ม.)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
จำนวนแป	600	600	600	600	600	600
ความชันของโครงหลังคา (องศา)	5	5	5	5	5	5
น้ำหนักรวมของแป (กก.)	117802	117802	117802	117082	117082	117082
น้ำหนักรวมของโครงข้อหมุนรอง (กก.)	6681	26632	37082	49264	5717	7369
น้ำหนักรวมของโครงข้อหมุนหลัก (กก.)	18191	17581	27063	33241	13670	14385
น้ำหนักรวมของโครงหลังคา (กก.)	142674	162015	181947	200307	137189	139556

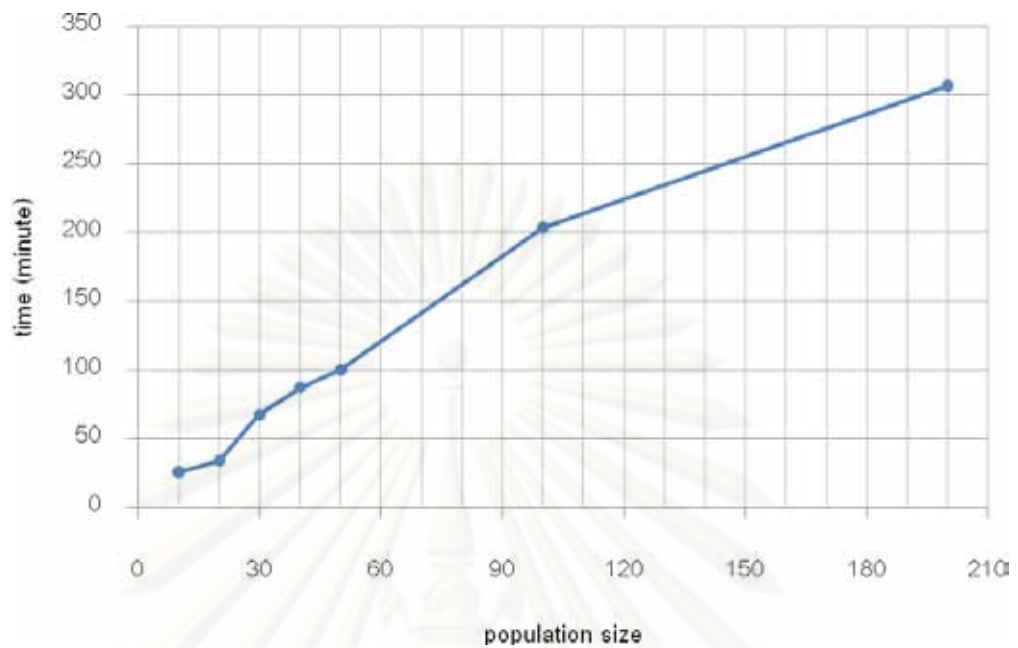
4.7 กรณีศึกษาที่ 4

จากข้อมูลเริ่มต้นของตัวอย่างที่ 2 ดังตารางที่ 4.5 คำนวณออกแบบโครงหลังคาขนาด 60x80 ตร.ม. เปลี่ยนแปลงค่าประชากรเริ่มต้น เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าเป้าหมาย (น้ำหนักของโครงหลังคา) และจำนวนประชากร ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้ในการหาค่าที่เหมาะสมและจำนวนประชากร ความสัมพันธ์ระหว่างรุ่นประชากรที่เริ่มเข้าสู่คำตอบที่เหมาะสมและจำนวนประชากร

ผลการศึกษาในกรณีศึกษาที่ 3 แสดงในรูปที่ 4.16 เมื่อจำนวนประชากรมีค่า 10, 20, 30 และ 40 ชุด คำตอบในการคำนวณออกแบบอย่างเหมาะสมที่สุดนั้นไม่แน่นอน เมื่อจำนวนประชากรมีค่า 50, 100 และ 200 ชุด คำตอบในการคำนวณออกแบบอย่างเหมาะสมที่สุดนั้นแน่นอน เวลาที่ใช้ในการคำนวณจะเพิ่มมากขึ้นมาจำนวนประชากรดังแสดงในรูปที่ 4.17

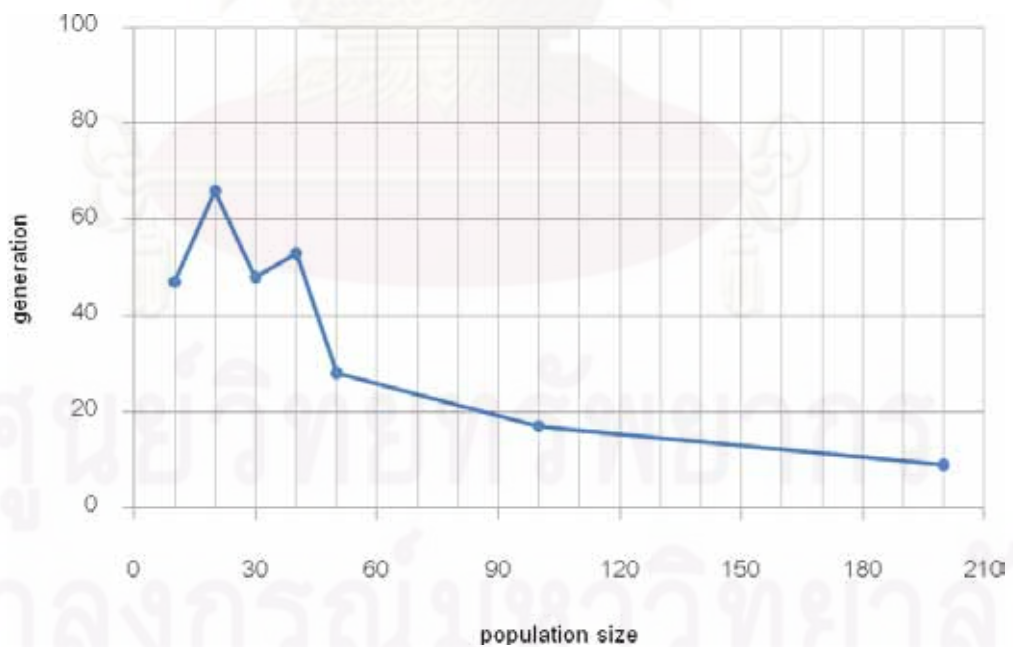


รูปที่ 4.16 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักของโครงข้อหมุนและจำนวนประชากร



รูปที่ 4.17 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้ในการหาค่าที่เหมาะสมและจำนวนประชากร

จากรูปที่ 4.18 เนื่องจากชุดประชากรที่ได้มาจากการสุ่มทำให้รุ่นประชากรที่เริ่มเข้าสู่คำตอบที่เหมาะสมมีค่าไม่แน่นอน



รูปที่ 4.18 ความสัมพันธ์ระหว่างรุ่นประชากรที่เริ่มเข้าสู่คำตอบที่เหมาะสมและจำนวนประชากร

บทที่ 5

สรุปและวิจารณ์ผล

5.1 ผลที่ได้จากการวิจัย

ตัวอย่างที่ 1 ผลจากการคำนวณได้น้ำหนักแป 6433.42 กิโลกรัม น้ำหนักของโครงข้อหมุนหลัก 1254.85 กิโลกรัม น้ำหนักของโครงข้อหมุนรอง 712.34 กิโลกรัม รวมเป็นน้ำหนักของโครงหลังคา 8400.61 กิโลกรัม การคำนวณเริ่มลู่เข้าสู่คำตอบที่เหมาะสมเมื่อรุ่นประชากรที่ 27 ค่าที่เหมาะสมสำหรับโครงหลังคานี้คือ จำนวนช่วงพาดของโครงข้อหมุนหลักเท่ากับ 3 ช่วง ความลึกของโครงข้อหมุนเท่ากับ 0.60 เมตร รูปแบบของโครงข้อหมุนรูปแบบที่ 2 ความชันของโครงหลังคาเท่ากับ 10 องศา จำนวนช่วงระหว่างโครงข้อหมุนหลักเท่ากับ 4 ช่วง ระยะช่วงย่อยของโครงข้อหมุนหลักเท่ากับ 1.11 เมตร เมื่อตรวจสอบผลการวิเคราะห์โครงสร้างที่ได้จากการวิจัยกับผลที่ได้จากโปรแกรม STAADPro ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกัน จะมีความคลาดเคลื่อนกันในบางชิ้นส่วน ซึ่งปัญหาการคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้น เกิดจากปัญหาเชิงตัวเลขที่เกิดขึ้นในตัวแก้สมการ (solver)

ตัวอย่างที่ 2 ผลจากการคำนวณได้น้ำหนักแป 117801.95 กิโลกรัม น้ำหนักโครงข้อหมุนหลัก 18190.65 กิโลกรัม น้ำหนักโครงข้อหมุนรอง 6681.29 กิโลกรัม รวมเป็นน้ำหนักของโครงหลังคา 18190.65 กิโลกรัม การคำนวณเริ่มลู่เข้าสู่คำตอบที่เหมาะสมเมื่อรุ่นประชากรที่ 28 ค่าที่เหมาะสมสำหรับโครงหลังคานี้คือ จำนวนช่วงพาดของโครงข้อหมุนหลักเท่ากับ 6 ช่วง ความลึกของโครงข้อหมุนเท่ากับ 0.95 เมตร รูปแบบของโครงข้อหมุนรูปแบบที่ 4 ความชันของโครงหลังคาเท่ากับ 5 องศา จำนวนช่วงระหว่างโครงข้อหมุนหลักเท่ากับ 10 ช่วง ระยะช่วงย่อยของโครงข้อหมุนหลักเท่ากับ 1.25 เมตร

กรณีศึกษาที่ 1 จากรูปที่ 4.9 น้ำหนักของโครงหลังคามีความแปรผกผันกับค่าความลึกของโครงข้อหมุนเมื่อความลึกของโครงข้อหมุนมีค่าน้อยกว่า 0.95 เมตร และน้ำหนักของโครงหลังคามีความแปรผันตรงกับค่าความลึกของโครงข้อหมุนเมื่อความลึกของโครงข้อหมุนมีค่ามากกว่า 0.95 เมตร

จากรูปที่ 4.10 จะเห็นว่าน้ำหนักแปที่ค่าคงที่ทุก ๆ ความลึกเนื่องจากมีจำนวนช่วงระหว่างโครงข้อหมุนเท่ากัน ค่าน้ำหนักของโครงข้อหมุนหลักมีค่าลดลงเมื่อความลึกของโครงหลังคามีค่าน้อยกว่า 0.95 เมตร เนื่องจากแรงภายในขององค์อาคารส่วนบน ส่วนล่าง และแนวทแยงมีค่าลดลงมาก ส่วนแรงภายในขององค์อาคารแนวตั้งมีค่าลดลงแต่น้อยมากเมื่อเทียบกับองค์อาคารส่วนอื่น ทำให้สามารถใช้ขนาดหน้าตัดขององค์อาคารเล็กลงได้ เมื่อความลึกของโครงข้อหมุนมีค่า

มากกว่า 0.95 เมตร น้ำหนักของโครงหลังคามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความลึก เนื่องจากความยาวขององค์อาคารส่วนแนวดิ่งและแนวนอนมีค่าเพิ่มขึ้น ทำให้ต้องใช้หน้าตัดขนาดใหญ่ขึ้นเพื่อให้ได้อัตราส่วนชะลูดตามมาตรฐาน AISC/LRFD 2005 ถึงแม้ว่าแรงภายในชิ้นส่วนค่าลดลงก็ตาม

กรณีศึกษาที่ 2 จากรูปที่ 4.11 น้ำหนักของโครงหลังคาน้อยที่สุดเมื่อจำนวนพาดของโครงข้อหมุนหลักมีค่าเท่ากับ 6 ช่วง และมีค่าเพิ่มมากขึ้นเมื่อมีจำนวนช่วงพาดมากขึ้น ทั้งนี้ต้องพิจารณาจำนวนแปและระยะช่วงย่อยของโครงข้อหมุนหลักประกอบด้วย

จากรูปที่ 4.12 ในทุกรูปแบบของโครงข้อหมุนหลักแบบที่ 4 มีค่าน้ำหนักของโครงหลังคาน้อยที่สุด ส่วนแบบที่ 3 มีค่าน้ำหนักของโครงหลังคามากที่สุด เนื่องจากแรงอัดขององค์อาคารส่วนล่างและแนวดิ่งมีค่าสูงมากเมื่อเทียบกับรูปแบบอื่น โดยเฉพาะที่ตำแหน่งใกล้จุดรองรับภายใน เนื่องจากไม่มีองค์อาคารแนวนอนมาช่วยรับแรงอัด

จากรูปที่ 4.13 น้ำหนักของโครงหลังคามีค่าน้อยสุดที่ความชันของโครงหลังคา 5 องศา และมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อมีความลาดชันเพิ่มมากขึ้น เมื่อความชันของโครงหลังคามีค่าน้อยทำให้ความยาวขององค์อาคารส่วนต่าง ๆ มีค่าน้อย แรงลมที่กระทำต้งฉากกับหลังคามีค่าน้อย

จากรูปที่ 4.14 จำนวนช่วงระหว่างโครงข้อหมุนหลักที่มีค่ามาก จะทำให้ความยาวของแปสั้นลงทำให้โมเมนต์ที่กระทำต่อแปน้อยลงเมื่อเทียบกับความยาวแปที่ยาวกว่า ทำให้น้ำหนักของโครงหลังคาลดลง

จากรูปที่ 4.15 ระยะช่วงย่อยของโครงข้อหมุนที่เหมาะสมที่สุดคือ 1.25 เมตร เมื่อระยะช่วงย่อยลดลงทำให้โมเมนต์ดัดที่กระทำต่อแปนั้นลดลง ขนาดหน้าตัดของแปจึงเล็กลง แต่จำนวนแปเพิ่มมากขึ้นทำให้น้ำหนักของโครงหลังคามีค่ามากกว่า ดังในกรณีระยะช่วงย่อย 0.83 เมตรและ 1.00 เมตร มีน้ำหนักของโครงหลังคามากกว่าระยะช่วงย่อย 1.25 เมตร

กรณีศึกษาที่ 3 ชนิดของหน้าตัดแต่ละชนิดจะมีค่าความลึกสำหรับการออกแบบที่เหมาะสมที่แตกต่างกันดังแสดงในตารางที่ 4.9 ทั้งนี้เนื่องจากที่รัศมีไจเรชั่นที่ใกล้เคียงกันหน้าตัดแต่ละชนิดมีขนาดหน้าตัด และน้ำหนักต่อเมตรไม่เท่ากัน

กรณีศึกษาที่ 4 การกำหนดจำนวนประชากรที่น้อยเกินไปทำให้ผลการคำนวณการออกแบบอย่างเหมาะสมได้คำตอบที่ไม่แม่นยำ แต่หากใช้จำนวนประชากรที่มากเกินไปจนความจำเป็นคำตอบที่ได้จะเป็นคำตอบที่แม่นยำ แต่เวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์ออกแบบก็จะใช้มากเกินไป ทั้งนี้จำนวนประชากรที่เหมาะสมจะมากหรือน้อยก็ขึ้นอยู่กับจำนวนความเป็นไปได้ทั้งหมดของตัวแปร

5.2 สรุปผลการวิจัย

การหาคำตอบที่เหมาะสมโดยวิธีคำนวณเชิงพันธุกรรมนั้นสามารถประยุกต์ใช้กับงานออกแบบโครงสร้างได้เป็นอย่างดี และผลของการออกแบบที่ได้นั้นให้ค่าที่มีน้ำหนักโดยรวมของโครงสร้างน้อยที่สุดหรือใกล้เคียงค่าที่น้อยที่สุดและสามารถนำไปใช้งานได้จริง โดยมีข้อบังคับในการออกแบบ คือทุกองค์อาคารสามารถรับน้ำหนักบรรทุกที่เกิดขึ้นได้และมีอัตราส่วนชะลุดไม่เกินค่าที่กำหนดให้ ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐาน AISC/LRFD 2005

ในการออกแบบโครงหลังคาโดยใช้จำนวนช่วงพาดของโครงข้อหมุนหลัก รูปแบบของโครงข้อหมุนหลัก ความชันโครงหลังคา ความลึกของโครงข้อหมุน ระยะห่างของโครงข้อหมุนหลัก ระยะช่วงย่อยของโครงหลังคา และชนิดหน้าตัดที่เหมาะสมจะทำให้โครงหลังคาไม่มีความประหยัด หากใช้ค่าที่มากกว่าหรือน้อยกว่าค่าที่เหมาะสมก็จะทำให้โครงหลังคาไม่ประหยัด

5.3 ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต

1. ในงานวิจัยนี้สามารถทำการวิเคราะห์โครงข้อหมุน 2 มิติ จึงสามารถนำวิธีการออกแบบอย่างเหมาะสมที่สุดด้วยวิธีคำนวณเชิงพันธุกรรมไปพัฒนาประยุกต์ใช้กับโครงข้อแข็งได้
2. ในงานวิจัยนี้ผู้ออกแบบเป็นผู้เลือกชนิดหน้าตัดจาก 6 แบบ ซึ่งไม่ได้นำมาคิดเป็นตัวแปรที่ใช้หาค่าที่เหมาะสม สามารถนำไปพัฒนาโดยให้ชนิดหน้าตัดเป็นตัวแปรที่ใช้หาค่าที่เหมาะสม
3. ในงานวิจัยนี้ค่าเป้าหมายคือน้ำหนักน้อยสุดของโครงสร้าง สามารถนำไปพัฒนาโดยให้ค่าน้ำหนักวัสดุและค่าแรง รวมถึงการออกแบบเสาและฐานราก

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

- ทักษิณ เทพชาติตรี. (1999). พฤติกรรมและการออกแบบโครงสร้างเหล็ก. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์.
- วรรณาท แซ่มสุวรรณ. (2005). การคำนวณออกแบบอย่างเหมาะสมที่สุดสำหรับโครงถักเหล็กในระนาบโดยใช้วิธีอัลกอริทึมเชิงพันธุกรรม. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ภาควิชา วิศวกรรมโยธา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- วิรัช เลิศไพฑูรย์พันธ์ และชัชวาล พูนลาภพานิช. (2004). การออกแบบโครงหลังคาเหล็กโดยอาศัยระเบียบวิธีเลียนแบบพันธุศาสตร์กับตัวแปรจริง. การประชุมโยธาแห่งชาติครั้งที่ 9 1(1): STR-149-154.

ภาษาอังกฤษ

- AISC. (2005). Specifications for Structural Steel Buildings. Chicago, Illinois: American Institute of Steel Construction.
- Camp, C.; Pezeshk S. and Cao G. (1998). Optimized Design of Two-Dimensional Structures using a Genetic Algorithm. Journal of Structural Engineering ASCE. 124(5): 551-559.
- Fuat E.; Oguzhan H.; Ilker T. and Hakan K. (2000). Optimal Design of Planar and Space Structures with Genetic Algorithms. Computer and Structures 75: 209-224.
- Gaylord, E.H.; Jr., Gaylord C.N. and Stallmeyer, J.E. (1992) Design of Steel Structures. 3rd ed. Singapore : Mc-Graw-Hill.
- Goldberg, D.E. (1989). Genetic Algorithm in Search Optimization and Machine Learning. New York: Addison-Wesley.
- Holland, J.H. (1973). Genetic Algorithm in Search Optimization and Machine Learning. Siam Journal of Computing 2(2): 88-105.
- Jerkins, W.M. (1991). Towards Structural Optimization via the Genetic Algorithm. Computer & Structures 40(5): 1321-1327.
- Kalyanmoy D. and Surendra G. (2001). Design of Truss-Structures for Minimum Weight using Genetic Algorithm. Finite Elements in Analysis and Design 37: 447-465.

- Man, K.F.; Tang K.S. and Kwong, S. (1999). Genetic Algorithms Concepts and Designs. London: Springer.
- Ohsaki, M. (1995). Genetic Algorithm for Topology Optimization of Trusses. Computers & Structures 57(2), 219-225.
- Rajeev, S. and Krishnamoorthy, C.S. (1992). Discrete Optimization of Structure using Genetic Algorithm. Journal of Structural Engineering ASCE. 118(5): 1233-1250.
- Rajeev, S. and Krishnamoorthy, C.S. (1997). Genetic Algorithms-Based Methodologies for Design Optimization of Trusses. Journal of Structural Engineering ASCE. 123(3): 350-358.
- Sakamoto, J. and Oda, J. (1993). Technique for Optimal Layout Design for Truss Structures using Genetic Algorithms. Collection of Technical Papers 2402-2408.



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

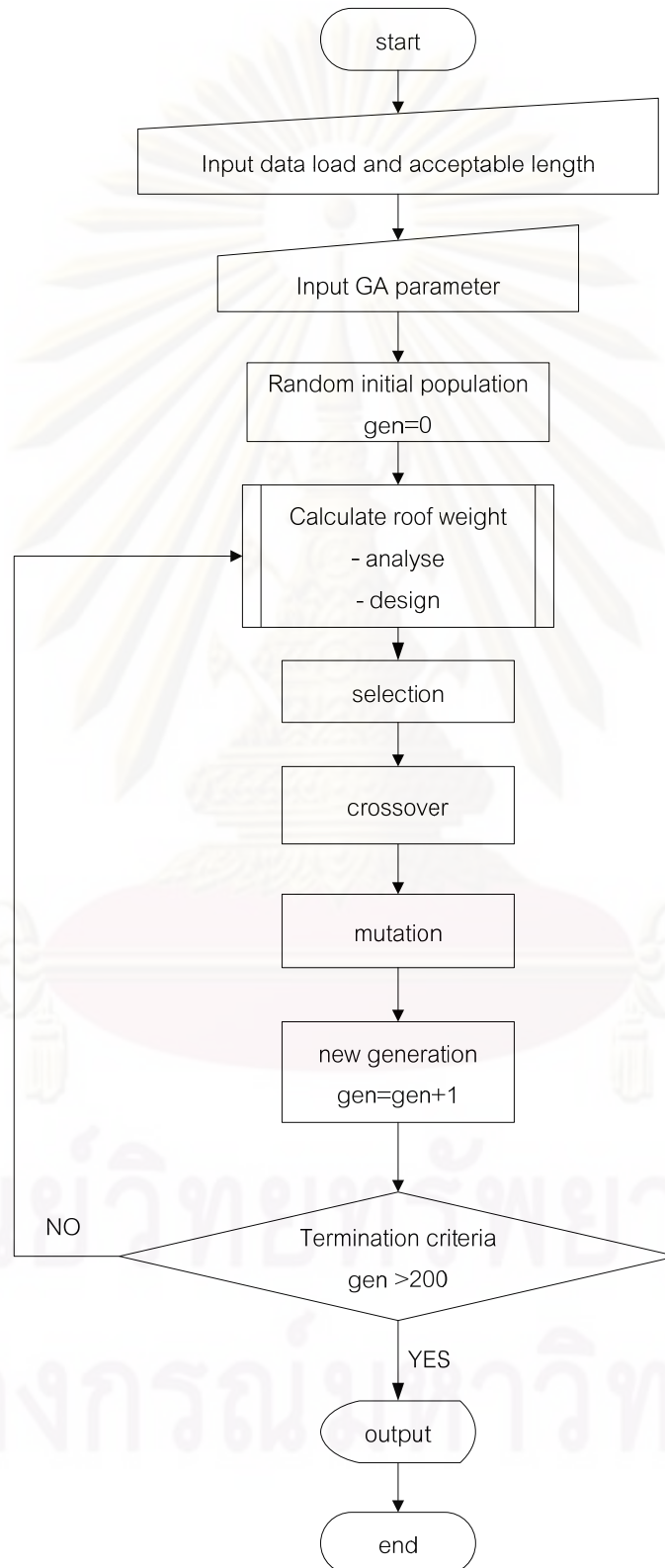


ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

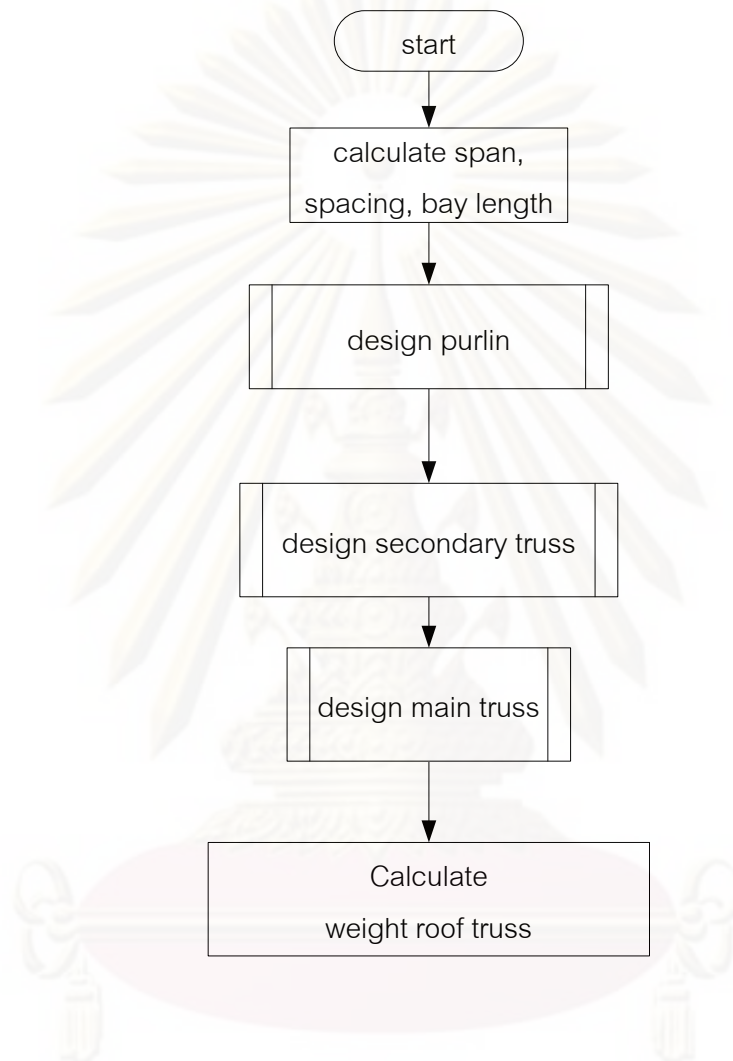
ขั้นตอนการวิเคราะห์และออกแบบโครงหลังคาอย่างเหมาะสมที่สุด



รูปที่ ก.1 แผนภูมิสายงานการออกแบบอย่างเหมาะสมที่สุด

ภาคผนวก ข

โปรแกรมย่อย Calculate roof weight

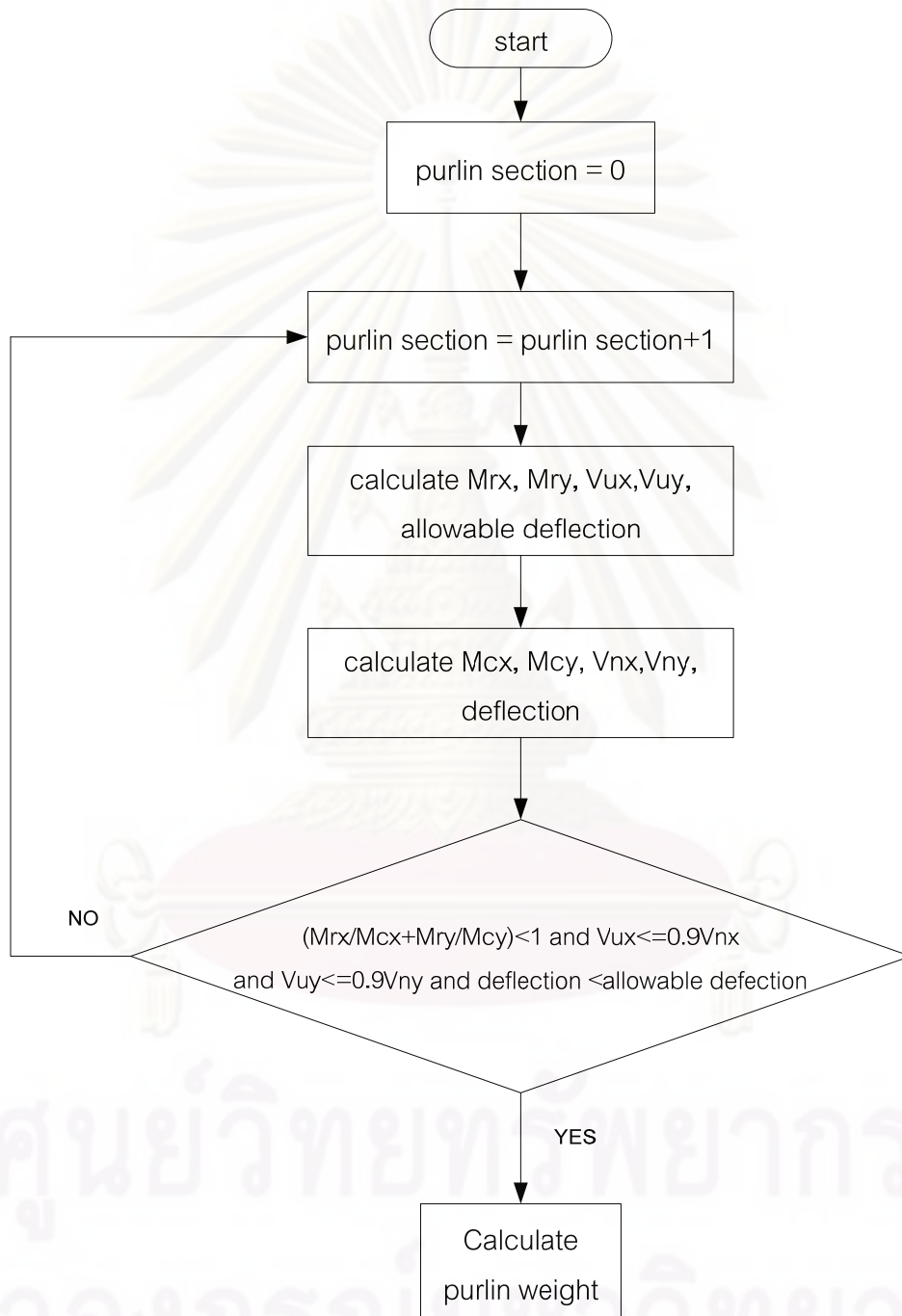


รูปที่ ข.1 แผนภูมิสายงานการหาน้ำหนักของโครงหลังคา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค

โปรแกรมย่อย design purlin

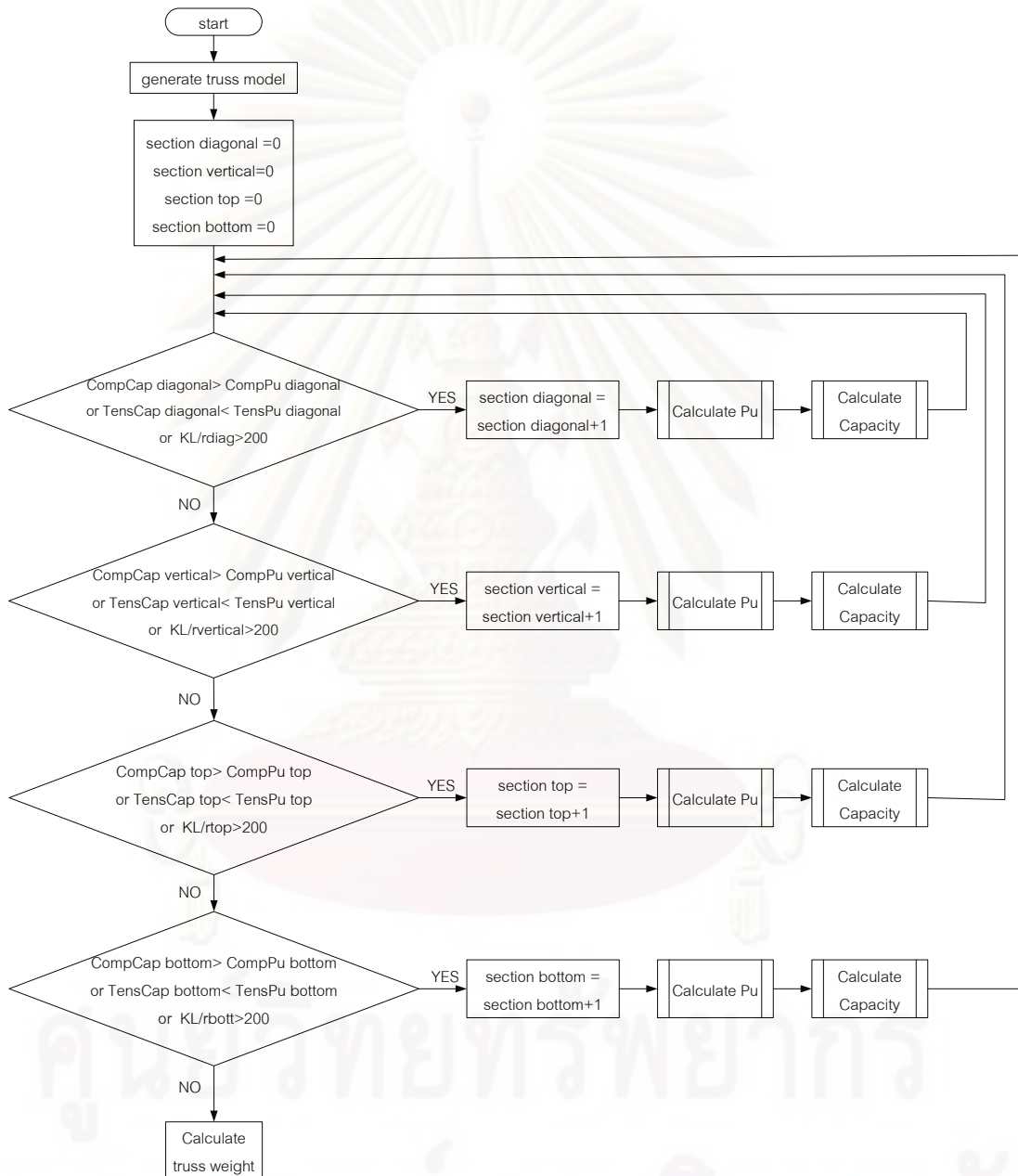


รูปที่ ค.1 แผนภูมิสายงานการออกแบบ

ภาคผนวก ง

โปรแกรมย่อย design truss

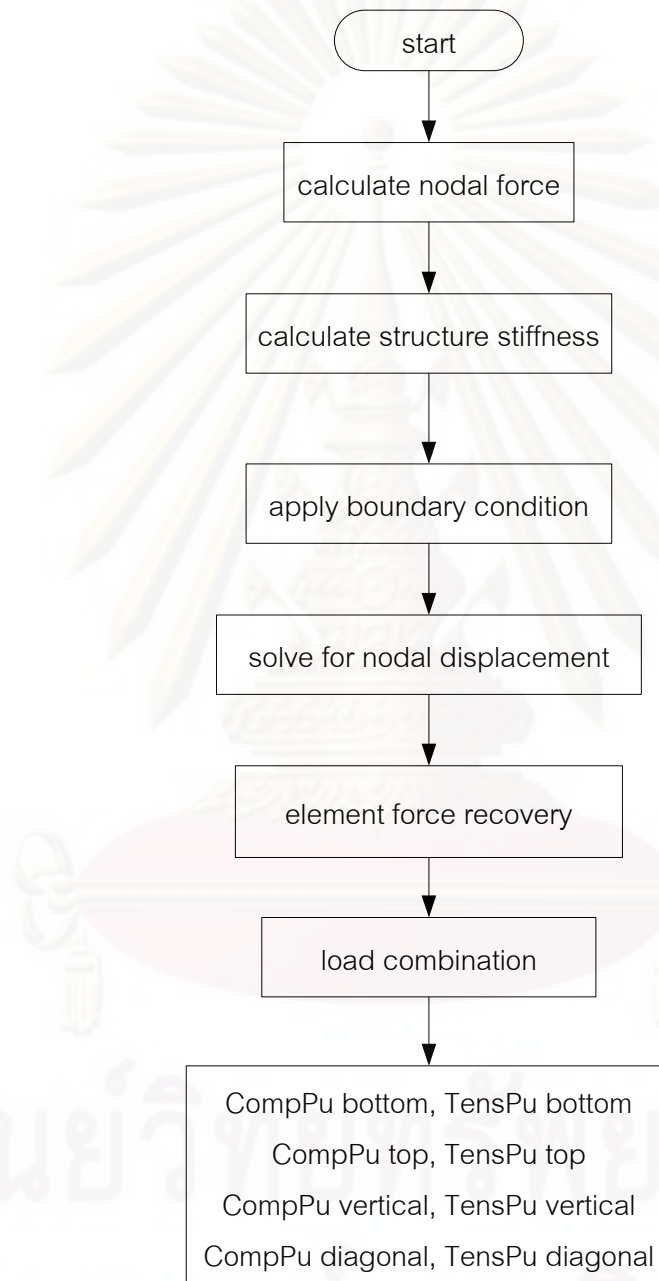
(ออกแบบตามมาตรฐาน AISC/LRFD 2005)



รูปที่ ง.1 แผนภูมิสายงานการออกแบบโครงข้อหมุน

ภาคผนวก จ

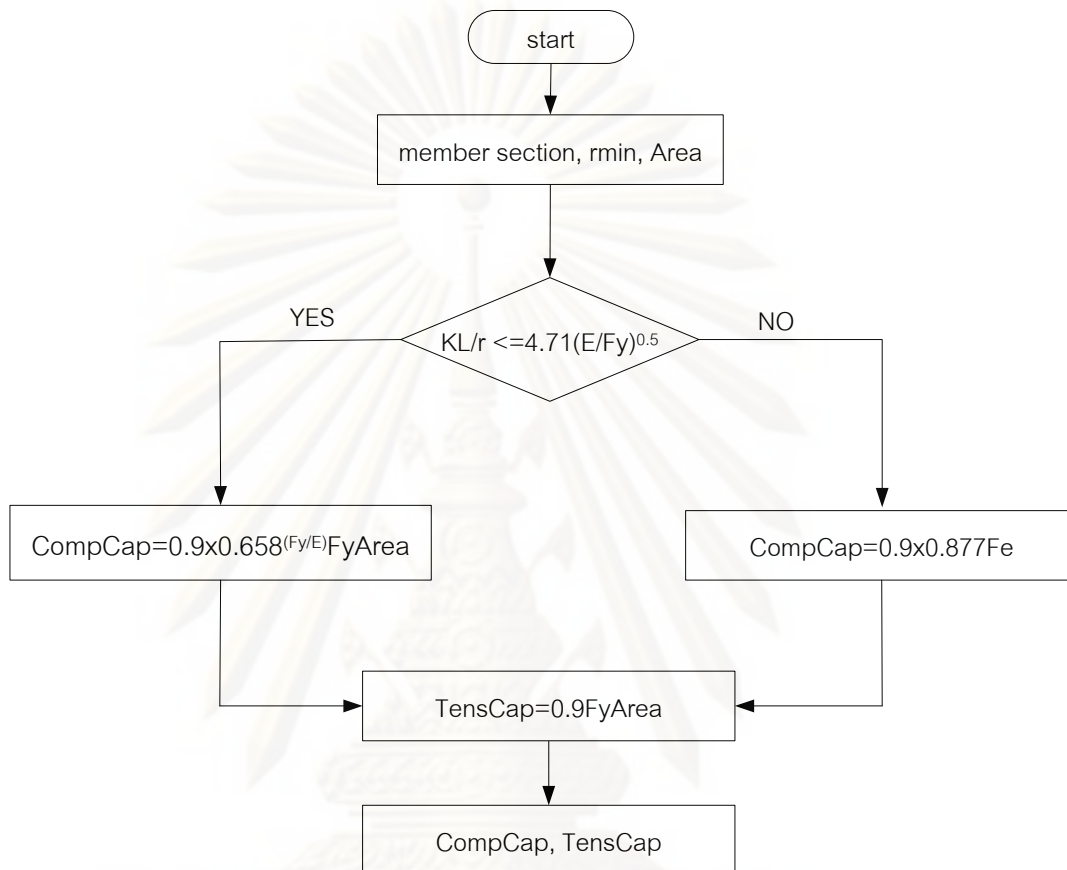
โปรแกรมย่อย Calculate Pu
(วิเคราะห์ด้วยวิธี Direct Stiffness Method)



รูปที่ จ.1 แผนภูมิสายงานการหาแรงภายในที่ต้องการขององค์อาคาร

ภาคผนวก จ

โปรแกรมย่อย Calculate Capacity



รูปที่ จ.1 แผนภูมิสายงานการหาแรงภายในที่องค์อาคารสามารถรับได้

ศูนย์วิทยทรัพยากร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวลำไพร มีทอง เกิดเมื่อวันที่ 5 มกราคม พ.ศ. 2521 ที่จังหวัดยโสธร สำเร็จ การศึกษาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมโยธา จากมหาวิทยาลัยขอนแก่น ในปี การศึกษา 2542 และเข้ารับการศึกษต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชา วิศวกรรมโยธา สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2549



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย