

**การพัฒนาแนวคิดการป้อนข้อมูลและแสดงผลลัพธ์
สำหรับโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อช่วยวิเคราะห์โครงข้อมุม
(DEVELOPMENT OF CONCEPT IN INPUT AND OUTPUT OF
COMPUTER PROGRAM FOR TRUSS ANALYSIS)**

สรกานต์ ศรีทองอ่อน (Sorakarn Sritong-on)¹

ชยธร ชาติพฤษกษพันธ์ (Chayatorn Chartpruiksapan)²

¹ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมโยธาและสิ่งแวดล้อม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

skng@kmitnb.ac.th

²วิศวกร คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล *chayatorn@gmail.com*

บทคัดย่อ : ปัจจุบัน โปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อช่วยในการวิเคราะห์โครงข้อมุมด้วยวิธีสติฟเนสโดยทั่วไปนั้น สามารถประมวลผลได้อย่างรวดเร็ว แม่นยำ แต่ปัญหาคือความล่าช้าในการกำหนดข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ ความไม่สะดวกในการตรวจสอบข้อมูลเนื้อหาที่หน้าตัดของแต่ละชิ้นส่วนกรณีที่มีหลายหน้าตัด ซึ่งหากข้อมูลผิดพลาดก็มีผลทำให้การวิเคราะห์ผิดพลาดตามไปด้วย และความไม่สะดวกในการพิจารณาผลลัพธ์แรงภายในชิ้นส่วน โดยเฉพาะการเลือกค่าสูงสุดเพื่อนำไปใช้ออกแบบ งานวิจัยนี้ได้ทำการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ชื่อ ‘ซีซีทีทรัส รุ่น 1.70’ เพื่อทำการแก้ปัญหาดังกล่าวข้างต้น โดยการป้อนข้อมูลใช้แนวคิดของวิซาร์ดในการกำหนดรูปทรงมาตรฐานของโครงข้อมุม อีกทั้งยังสามารถแสดงกราฟิกโครงข้อมุมให้แยกสีในการแสดงชิ้นส่วนเมื่อมีเนื้อหาที่หน้าตัดต่างกัน และในการแสดงผลลัพธ์ ให้แสดงกราฟิกแยกสีของแรงดึงและแรงอัดและแสดงเส้นหนาในค่าสูงสุด ร่วมกับการแสดงค่าสูงสุดของแรงภายใน ซึ่งช่วยทำให้การเลือกชิ้นส่วนในการออกแบบทำได้รวดเร็วและชัดเจนยิ่งขึ้น

ABSTRACT : Nowadays, generally computer program for truss analysis using stiffness method which should get quick and accurate results. However, there are so many factors related to data processing such as the slow down in data setting up for analysis, the complication in verifying of multi-section area. Roughly, if user mis-input data then, in the process, the outcomes will also be mis-analyzed, and again, the uncomfortably consider of internal force results in term of maximum value for design of truss member. As for the study, the researchers have developed a computer program called “CCT-Truss 1.70” in order to solve the above mentioned problems. With the concept of the data input wizard, the definitions of standard truss shapes process would be greatly reduced. Moreover, the program can differentiate grouping section colors and separate grouping of tension force colors and compression force colors, and also shows maximum force lines in bold coinciding with maximum force values in numerical pattern. Finally, these graphical displays assist the engineer to rapidly choose the suitable members for later design.

KEYWORDS : Truss Analysis, Stiffness Method, Computer Program, Wizard, Computer Graphics

1. บทนำ

บทความนี้จะแสดงแนวคิดในการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับช่วยวิเคราะห์โครงข้อมุมด้วยวิธีสติฟเนส (stiffness method) ในส่วนของการป้อนข้อมูลและแสดงผลลัพธ์ โดยจะ

แสดงถึงอัลกอริทึมที่พัฒนาขึ้น พร้อมกับแสดงตัวอย่างโปรแกรมชื่อว่า CCT-TRUSS 1.7 ในส่วนที่ได้นำอัลกอริทึมนี้มาเขียนโปรแกรมจนได้ผลสำเร็จ ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับคือ เพื่อเป็นการกระตุ้นการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับช่วยวิเคราะห์

โครงสร้างขึ้นใช้เองภายในประเทศ ให้มีประสิทธิภาพและมีจำนวนหลากหลายมากยิ่งขึ้น อันเป็นส่วนหนึ่งในการช่วยตอบสนองวิศวกรรมโยธาเพื่อพัฒนาชุมชน

ปัญหาอย่างหนึ่งที่พบในส่วนของการป้อนข้อมูลคือ การใช้เวลาในการป้อนข้อมูลที่มีจะมากกว่าเวลาที่ใช้ในการประมวลผล ซึ่งผู้วิจัยได้มีแนวคิดสร้างวิซาร์ด (wizard) ในการป้อนข้อมูลขึ้น โดยให้ผู้ใช้ (user) เลือกรูปทรงโครงข้อมุมมาตรฐาน แล้วป้อนข้อมูลเบื้องต้นให้น้อยที่สุด จากนั้นจึงให้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ทำการประมวลผลข้อมูลอื่นๆ ที่จำเป็นในการวิเคราะห์โครงสร้างให้ครบ ซึ่งแนวคิดนี้ปรากฏว่าลดเวลาในการป้อนข้อมูลลงได้มาก

ส่วนปัญหาอย่างหนึ่งในการตรวจสอบข้อมูลก่อนนำไปวิเคราะห์คือ การแสดงผลทางกราฟิกเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อที่หน้าตัดของแต่ละชิ้นส่วนที่ไม่ชัดเจน โดยเฉพาะหากมีหลายขนาดหน้าตัด ซึ่งหากมีการป้อนข้อมูลที่ผิดพลาดในส่วนนี้อาจทำให้การวิเคราะห์เกิดข้อผิดพลาดที่ร้ายแรงขึ้นได้ ซึ่งแนวคิดในการแก้ปัญหาคือ ใช้การแสดงผลโดยแยกสีของแต่ละขนาดเนื้อที่หน้าตัดในแต่ละชิ้นส่วน ซึ่งทำให้การตรวจสอบมีความชัดเจนมากขึ้น

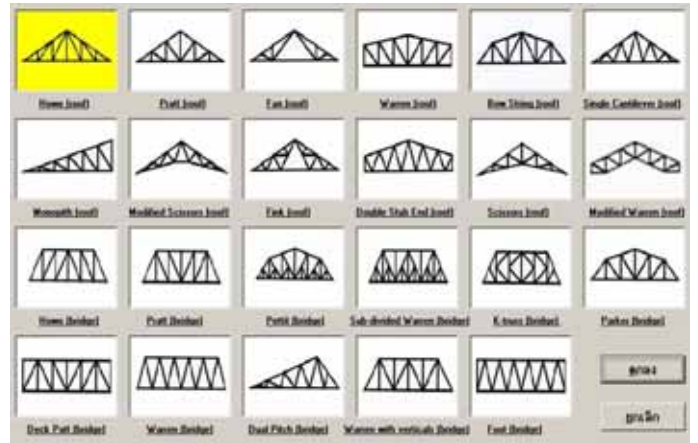
และเมื่อโปรแกรมคอมพิวเตอร์ประมวลผลแล้ว ปัญหาในการแสดงผลพร้อมอย่างหนึ่งคือ การแสดงกราฟิกผลลัพธ์ของแรงภายในชิ้นส่วนที่ไม่ชัดเจน โดยเฉพาะยังไม่สามารถแสดงถึงตำแหน่งของชิ้นส่วนที่มีค่าแรงอัดและแรงดึงสูงสุด เพื่อเป็นการตรวจสอบความเป็นไปได้ของผลลัพธ์และการนำค่าสูงสุดนั้นไปออกแบบชิ้นส่วนต่อไป ทำให้เสียเวลาในการตรวจสอบและเลือกใช้พอสสมควร ซึ่งแนวคิดในการแก้ปัญหาคือ แยกสีของแรงดึงและแรงอัดพร้อมกับแสดงเส้นหนาที่ค่าสูงสุด ร่วมกับแสดงค่าตัวเลขของขนาดสูงสุดของแรงอัดและแรงดึง ทำให้มีความชัดเจนในการตรวจสอบผลลัพธ์และลดเวลาในการเลือกใช้ค่าเพื่อนำไปออกแบบลงได้มาก

หัวข้อต่อไปจะแสดงรายละเอียดของแต่ละแนวคิดดังกล่าวข้างต้น

2. แนวคิดในการสร้างวิซาร์ด

2.1 แบบของรูปทรงมาตรฐาน

ได้เลือกมา 23 รูปแบบ ในการสร้างอัลกอริทึมเพื่อกำหนดข้อมูลที่จำเป็น ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 รูปทรงโครงข้อมุมมาตรฐาน

2.2 ข้อมูลนำเข้า (input)

กำหนดข้อมูลนำเข้าดังนี้

2.2.1 จำนวนช่วงแผ่น (panel) ซึ่งเป็นจำนวนเลขคู่

2.2.2 ความสูงของโครง (บางรูปทรงใช้ป้อนค่ามุมลาดเอียง)

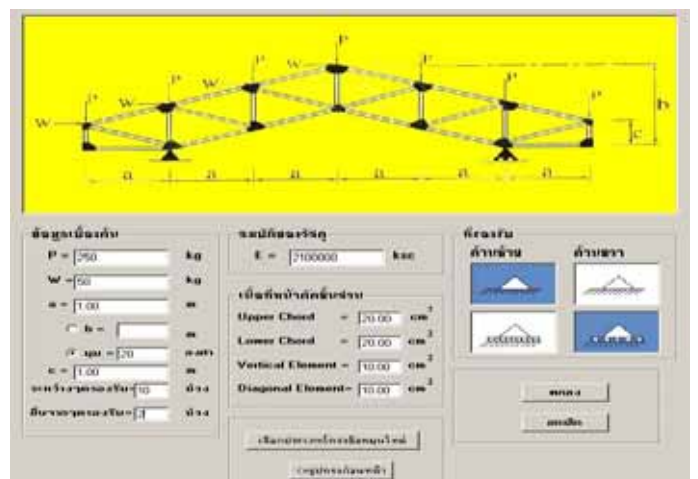
2.2.3 ขนาดและทิศทางของน้ำหนักบรรทุก/แรงลม

2.2.4 แบบของที่รองรับ แบ่งเป็น 2 รูปแบบคือ บานพับ (hinge) และล้อเลื่อน (roller)

2.2.5 ค่าโมดูลัสยืดหยุ่น ในงานวิจัยนี้ กำหนดการป้อนข้อมูลเบื้องต้นให้ทุกชิ้นส่วนมีค่าเท่ากัน (ผู้ใช้สามารถปรับเปลี่ยนได้โดยใช้เมนูแก้ไขตามปกติ ภายหลังจากสร้างข้อมูลโดยใช้วิซาร์ดแล้ว)

2.2.6 เนื้อที่หน้าตัดของแต่ละชิ้นส่วน ซึ่งสามารถเลือกป้อนตามตามตำแหน่งของชิ้นส่วน คือ คอร์ดบน คอร์ดล่าง ชิ้นส่วนตั้ง และชิ้นส่วนทแยง

ตัวอย่างหน้าต่าง (window) ป้อนข้อมูลนำเข้าในโปรแกรมแสดงดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ตัวอย่างโปรแกรมส่วนหน้าต่างป้อนข้อมูลนำเข้า

2.3 การสร้างข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์

หลังจากที่ได้ข้อมูลเบื้องต้นแล้ว โปรแกรมจะสร้างข้อมูลเพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์โครงสร้าง ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

- 2.3.1 ตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลนำเข้า
- 2.3.2 คำนวณหาจำนวนจุดต่อและจำนวนชิ้นส่วน
- 2.3.3 กำหนดรูปแบบการเรียงลำดับ, หมายเลข และพิกัดของจุดต่อ
- 2.3.4 กำหนดรูปแบบการเรียงลำดับ, หมายเลข และการเชื่อมต่อของชิ้นส่วน (element connectivity)
- 2.3.5 กำหนดสภาพขอบเขต (boundary condition) ของจุดต่อที่เป็นที่รองรับ (support)
- 2.3.6 กำหนดจุดต่อที่มีน้ำหนักบรรทุกกระทำ ซึ่งเป็นจุดต่อของคอร์ดบน
- 2.3.7 กำหนดขนาดเนื้อที่หน้าตัดของแต่ละชิ้นส่วน
- 2.3.8 กำหนดทุกชิ้นส่วนมีค่าโมดูลัสยืดหยุ่นเท่ากัน

2.4 จำนวนจุดต่อและชิ้นส่วนของรูปทรงมาตรฐาน

จากการวิจัยพบว่า จำนวนจุดต่อและจำนวนชิ้นส่วน จะแปรตามจำนวนช่วงแผ่นของโครงข้อหมุนในแต่ละรูปทรง (ในงานวิจัยนี้กำหนดรูปทรงให้สมมาตรกัน คือช่วงแผ่นเป็นจำนวนเลขคู่) ซึ่งแสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 จำนวนจุดต่อและชิ้นส่วนของแต่ละรูปทรง

ชื่อโครงข้อหมุน	จำนวนจุดต่อ	จำนวนชิ้นส่วน
Warren (roof)	$2(S+1)$	$4S+1$
Pratt (roof)	$2S$	$4S-3$
Howe (roof)	$2S$	$4S-3$
* Fan (roof)	9	15
Bow String (roof)	$2S$	$4S-3$
Pratt (bridge)	$2S$	$4S-3$
Howe (bridge)	$2S$	$4S-3$
Parker (bridge)	$2S$	$4S-3$
Pettit (bridge)	$4S$	$8S-3$
Sub-divided Warren (bridge)	$4S$	$8S-3$
K-truss (bridge)	$3S$	$6S-3$
Single Cantilever (roof)	$2S+1$	$4S-1$
Monopith (roof)	$2S+1$	$4S-1$

Modified Scissors (roof)	$2S+1$	$4S-1$
* Fink (roof)	15	27
Double Stub End (roof)	$2S+3$	$4S+3$
Scissor (roof)	$2S$	$4S-3$
Modified Warren (roof)	$2(S+2D+1)$	$4(2D+S)+1$
Deck Pratt (bridge)	$2S+2$	$4S+1$
Warren (bridge)	$2S+1$	$4S-1$
Dual Pitch (bridge)	$2S+1$	$4S-1$
Warren with verticals (bridge)	$2S$	$4S-3$
Foot (bridge)	$2S+3$	$4S+3$

S คือ จำนวนช่วงแผ่น (panel)

D คือ จำนวนช่วงแผ่นที่ยื่นออกมาจากที่รองรับ

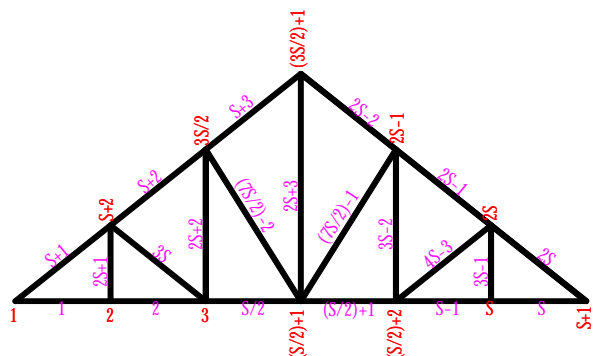
* เฉพาะ 2 รูปทรงนี้ กำหนดจำนวนช่วงแผ่นคงที่

2.5 แนวคิดการสร้างข้อมูลในแต่ละขั้นตอน

ในการสร้างข้อมูลโครงข้อหมุนแต่ละรูปทรง ใช้แนวคิดหลักที่คล้ายคลึงกัน โดยจะยกตัวอย่างโครงหลังคาแบบ pratt มาประกอบคำอธิบายดังนี้

2.5.1 จำนวนจุดต่อ = $2S$ และจำนวนชิ้นส่วน = $4S-3$

2.5.2 การเรียงลำดับหมายเลขจุดต่อ ใช้วิธีเรียงตามคอร์ดล่างให้ครบ แล้วจึงเรียงตามคอร์ดบนจนครบทุกจุดต่อ ส่วนการเรียงลำดับหมายเลขชิ้นส่วน จะเรียงตามลำดับคือ คอร์ดล่าง คอร์ดบน ชิ้นส่วนตั้ง และชิ้นส่วนทแยง แสดงดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ลำดับหมายเลขจุดต่อและหมายเลขชิ้นส่วน

2.5.3 สำหรับอัลกอริทึมในการกำหนดข้อมูลอื่น เขียนอยู่ในรูปรหัสเทียม (pseudo code) ได้ดังนี้

พิกัดของจุดต่อ (ดูภาพที่ 3 ประกอบ)

'คอร์ด้ล่าง 1 ถึง S+1

$X = 0, Y = 0$

FOR I = 1 TO S+1

จุดต่อที่ I : พิกัด $X = X$, พิกัด $Y = Y$

$X = X+a$

NEXT I

'คอร์ด้บน S+2 ถึง 3S/2

$L = (S/2) * a$

$x = a$

FOR I = S+2 TO 3S/2

จุดต่อที่ I : พิกัด $X = X$, พิกัด $Y = X*b/L$

$X = X + a$

NEXT I

'คอร์ด้บน (3S/2)+1 ถึง 2S

$L = (S/2) * a$

$X = L+a$

$d = L-a$

FOR I = (3S/2)+1 TO 2S

$Y = d * b/L$

จุดต่อที่ I : พิกัด $X = X$, พิกัด $Y = Y$

$X = X + a$

$d = d-a$

NEXT I

จำนวนของเนื้อที่หน้าตัดของชิ้นส่วน

- หาจำนวนเนื้อที่หน้าตัดจากข้อมูลที่ใช้ป้อน (ต่างกันได้สูงสุด 4 ขนาด ตามตำแหน่งของชิ้นส่วนคือ คอร์ด้บน คอร์ด้ล่าง ชิ้นส่วนตั้ง และชิ้นส่วนทแยง)
- กำหนดหมายเลขของขนาดหน้าตัดให้กับแต่ละตำแหน่งของชิ้นส่วน (ผู้ใช้ป้อนข้อมูลขนาดหน้าตัด ขั้นตอนนี้คือการตรวจสอบว่ามีขนาดที่ต่างกันกี่ขนาด แล้วกำหนดหมายเลขของแต่ละขนาดตามตำแหน่งของชิ้นส่วน โดยใช้ตัวแปร Upr, Lwr, Vtc และ Dgn ตามลำดับ เช่น ถ้าขนาดเท่ากันหมดก็กำหนดค่าตัวแปรทุกตัวนี้เท่ากับ 1)

การเชื่อมต่อของชิ้นส่วน (ดูภาพที่ 3 ประกอบ)

ให้ H = หมายเลขจุดต่อหัวของแต่ละชิ้นส่วน

T = หมายเลขจุดต่อท้ายของแต่ละชิ้นส่วน

'คอร์ด้ล่าง

FOR I = 1 TO S

ชิ้นส่วนที่ I : H = I, T = I+1

NEXT I

หมายเลขขนาดหน้าตัด = Lwr

'คอร์ด้บน

NH = 1, NT = S+2

FOR I = S+1 TO 2S

ชิ้นส่วนที่ I : H = NH, T = NT

(ยกเว้นถ้า I = 2S : T = S+1)

NH = NT, NT = NT+1

NEXT I

หมายเลขขนาดหน้าตัด = Upr

'ชิ้นส่วนตั้ง

NH = 2, NT = S+2

FOR I = 2S+1 TO 3S-1

ชิ้นส่วนที่ I : H = NH, T = NT

NH = NH+1, NT = NT+1

NEXT I

หมายเลขขนาดหน้าตัด = Vtc

'ชิ้นส่วนทแยง ด้านซ้าย

NH = S+2, NT = 3

FOR I = 3S TO (7S/2)-2

ชิ้นส่วนที่ I : H = NH, T = NT

NH = NH+1, NT = NT+1

NEXT I

หมายเลขขนาดหน้าตัด = Dgn

'ชิ้นส่วนทแยง ด้านขวา

NH = (S/2)+1, NT = (3S/2)+1

FOR I = (7S/2)-1 TO 4S-3

ชิ้นส่วนที่ I : H = NH, T = NT

NH = NH+1, NT = NT+1

NEXT I

หมายเลขขนาดหน้าตัด = Dgn

สภาพขอบเขตของที่รองรับ

ให้ 0 = เคลื่อนที่ได้, 1 = เคลื่อนที่ไม่ได้

'ด้านซ้าย จุดต่อหมายเลข 1

IF ที่รองรับเป็นล้อเลื่อน THEN

แกน X = 0, แกน Y = 1

ELSEIF ที่รองรับเป็นบานพับ THEN

แกน X = 1, แกน Y = 1

END IF

'ด้านขวา จุดต่อหมายเลข S+1

IF ที่รองรับเป็นล้อเลื่อน THEN

แกน X = 0, แกน Y = 1

ELSEIF ที่รองรับเป็นบานพับ THEN

แกน X = 1, แกน Y = 1

END IF

น้ำหนักบรรทุก

แนวตั้ง ให้ค่า + คือ ทิศทางขึ้น, ค่า - คือ ทิศทางลง

แนวราบ ให้ค่า + คือ ทิศทางขวา, ค่า - คือ ทิศทางซ้าย

'ขนาดของน้ำหนักบรรทุกในแนวตั้ง, P

FOR I = S+2 TO 2S

IF P <> 0 THEN

จุดต่อที่ I: น้ำหนักบรรทุก = -1*P

END IF

NEXT I

(กำหนดให้ผู้ใช้ป้อนค่าทิศทางลงเป็นบวก จึงต้องคูณ -1 เพื่อให้ได้ทิศทางตามการวิเคราะห์)

'แรงลม, W

FOR I = S+2 TO (2S) - ((S/2) - 1)

IF W <> 0 THEN

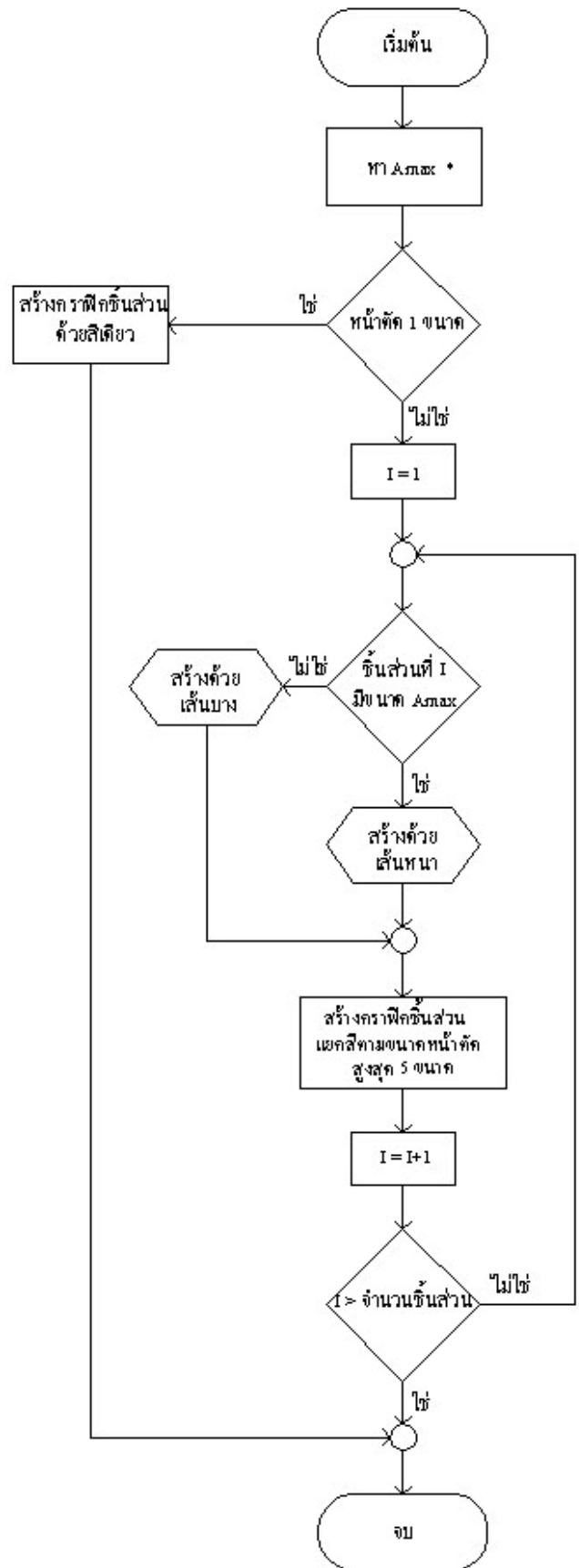
จุดต่อที่ I: น้ำหนักบรรทุก = 1*W

END IF

NEXT I

3. อัลกอริทึมการแสดงผลกราฟิกของขนาดเนื้อที่หน้าตัดในแต่ละชิ้นส่วน

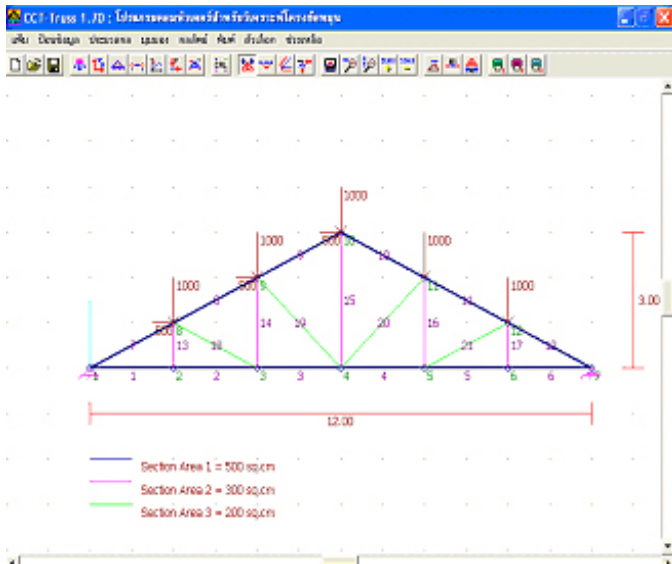
แนวคิดคือ กรณีมีหลายขนาดเนื้อที่หน้าตัด ให้ขนาดหน้าตัดใหญ่แสดงด้วยเส้นหนา และแยกสีในแต่ละขนาด ซึ่งงานวิจัยนี้กำหนดให้แยกสีได้ต่างกัน 5 ขนาด โดยมีอัลกอริทึมแสดงดังภาพที่ 4



* A_max คือ ขนาดเนื้อที่หน้าตัดที่มากที่สุดจากข้อมูลที่ผู้ใช้ป้อน

ภาพที่ 4 ฟังก์ชันอัลกอริทึมการแยกสีชิ้นส่วนตามขนาดหน้าตัด

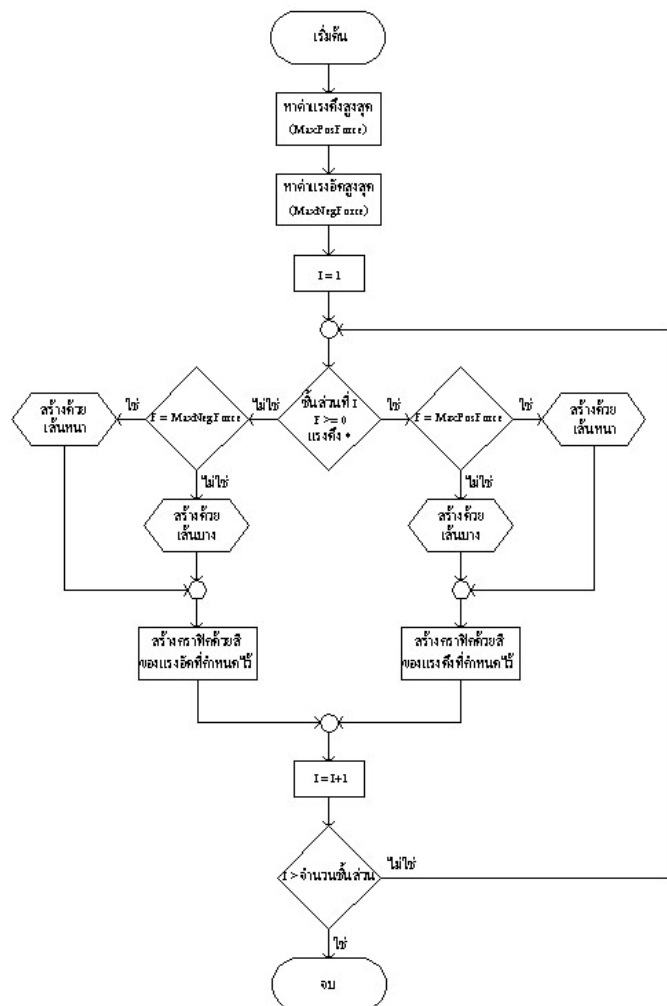
ตัวอย่างการแสดงผลในโปรแกรม CCT-TRUSS แสดงดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 ตัวอย่างการแสดงผลกราฟิกแยกขนาดหน้าตัดด้วยสีและขนาด

4. อัลกอริทึมการแสดงผลกราฟิกค่าแรงดึงและแรงอัดของแต่ละชิ้นส่วน

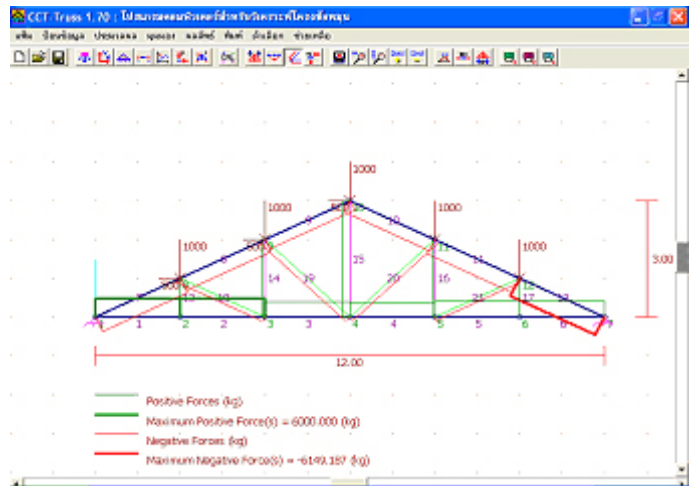
แนวคิดคือ แสดงกราฟิกขนาดของแรง โดยแยกสีแรงดึงและแรงอัด พร้อมทั้งแสดงเส้นหนาที่ขนาดค่าสูงสุด โดยมีอัลกอริทึมแสดงดังภาพที่ 6



* r คือขนาดของแรง ถ้าชิ้นส่วนใดมีขนาดแรงเท่ากับศูนย์ให้แสดงสีเขียวกับแรงดึง

ภาพที่ 6 ฟังงานอัลกอริทึมการแยกสีชิ้นส่วนตามชนิดของแรง

ตัวอย่างการแสดงผลในโปรแกรม CCT-TRUSS แสดงดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 ตัวอย่างการแสดงผลกราฟิกของแรงภายในชิ้นส่วน

5. สรุปผล

จากการวิจัยพบว่า การสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อช่วยวิเคราะห์โครงข้อหมุน โดยใช้แนวคิดการป้อนข้อมูลด้วยการใช้วิซาร์ดสร้างรูปทรงมาตรฐานของโครงข้อหมุนขึ้นนี้ ช่วยลดเวลาและความผิดพลาดในการป้อนข้อมูลลงได้มาก ควรที่จะวิจัยเพื่อสร้างวิซาร์ดในรูปทรงมาตรฐานอื่นๆต่อไป ส่วนแนวคิดในการใช้กราฟิกสีเพื่อแยกความต่างของขนาดเนื้อที่หน้าตัด และความต่างของค่าแรงภายในชิ้นส่วนนี้ ทำให้การพิจารณาผลลัพธ์และการตรวจสอบความถูกต้อง ทำได้รวดเร็วและชัดเจนยิ่งขึ้น

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] ชยธร ชาตพิทยพันธ์ และบวร วัฒนอัมพรกุล, 2547. การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับวิเคราะห์โครงข้อหมุนชนิดที่ทรัส รุ่น 1.70. ปริญญาโท สาขาเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- [2] สรกานต์ ศรีทองอ่อน, 2544. แนวทางการสร้างวิซาร์ด เพื่อกำหนดข้อมูลสำหรับวิเคราะห์โครงข้อหมุน. วารสารพัฒนาเทคนิคศึกษา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, ฉบับที่ 40 (ต.ล. - ธ.ล. 2544) : หน้า 16-20.
- [3] Anand, Vera B., 1993. Computer Graphics and Geometric Modeling for Engineers. The United States of America : John Wiley & Sons, Inc.
- [4] Fleming, John F., 1989. Computer Analysis of Structural Systems. Singapore : McGraw-Hill, Inc.
- [5] Macleod, Iain A., 1990. Analytical Modelling of Structural Systems: An Entirely New Approach with Emphasis on Behaviour of Building Structures. England : Ellis Horwood Limited.