

การวิเคราะห์โครงข้อหมุนแบบ 2 มิติจากข้อมูลกราฟฟิกแบบ DXF

ในโปรแกรมฟรีแคด

2D Truss Analysis from DXF file in FreeCAD

จักรี ดิยะวงศ์สุวรรณ¹, จิรัชิตี บรรจงศิริ^{2*} และ สมภพ ลิ้มประไพพงษ์³

Chakkree Tiyawongsuwan¹, Jirat Bunjongsiri^{2*} and Somphop Limprapaipong³

^{1,2,3} สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์

19/1 ถนนเพชรเกษม แขวงหนองค้างพลู เขตหนองแขม กรุงเทพฯ 10160 ประเทศไทย

* ผู้รับผิดชอบประสานงาน: โทรศัพท์ 089-7901235 อีเมล : Jiratb@sau.ac.th

วันที่รับบทความ: 7 กันยายน 2564 / วันที่แก้ไขบทความ: 4 ตุลาคม 2564 / วันที่ตอบรับการตีพิมพ์: 9 พฤศจิกายน 2564

วันที่แก้ไขบทความ: 12 ตุลาคม 2564

วันที่แก้ไขบทความ: 3 พฤศจิกายน 2564

บทคัดย่อ งานวิจัยนี้เป็นการนำเสนอการใช้ภาษาไพทอนในโปรแกรมฟรีแคด ซึ่งมีการนำไฟล์ DXF ที่เป็นไฟล์มาตรฐานในโปรแกรมกลุ่มแคดมาใช้ในการจัดทำแบบก่อสร้าง การศึกษาครั้งนี้ เป็นการนำไลบรารี ezdxf มาใช้สร้างแบบจำลองสำหรับวิเคราะห์หาแรงภายในโครงข้อหมุนโดยได้แรงกระทำและจุดรองรับ นอกจากนี้ โปรแกรมฟรีแคดยังมีส่วนเสริม NumPy สำหรับการคำนวณเชิงตัวเลขที่มีความสามารถประกอบเมทริกซ์สำหรับงานวิเคราะห์โครงสร้างได้ ผู้วิจัยจึงนำส่วนเสริมดังกล่าวมาสร้างเป็นโมดูลสำหรับวิเคราะห์โครงข้อหมุนสองมิติ ทั้งนี้ ในการทำงานของโมดูลเป็นการนำเข้าสู่ข้อมูลแบบตัวอักษร ซึ่งมีความยากในระดับหนึ่ง แต่เมื่อใช้ข้อมูลในรูปแบบไฟล์ DXF ที่สร้างขึ้น จะเพิ่มความสะดวกและลดขั้นตอนการนำเข้าสู่ข้อมูลสำหรับหาแรงภายในโครงข้อหมุน นอกจากนี้ โมดูลดังกล่าวยังสามารถแสดงผลลัพธ์ในรูปแบบกราฟฟิกโดยใช้วัตถุสามมิติของโปรแกรมฟรีแคด และแสดงผลลัพธ์ในรูปแบบของไฟล์ CSV ซึ่งผู้ที่ใช้งานสามารถนำไปออกแบบชิ้นส่วนของโครงข้อหมุนในกลุ่มโปรแกรมสเปรดชีตต่อไปได้

คำสำคัญ : การวิเคราะห์โครงสร้าง, โครงข้อหมุน, ข้อมูลกราฟฟิกแบบ DXF, ภาษาไพทอน, แรงภายในชิ้นส่วน

Abstract The use of Python code in FreeCAD is examined in this study. Construction drawings are created using DXF files, which are common files in CAD software. In this research, the ezdxf library is used to develop a model for assessing forces in a truss structure with loads and supports. In addition, the NumPy add-on for numerical processing with matrix composite capabilities for structural analysis is also included in FreeCAD. As a result, the researcher created a module for evaluating two-dimensional scaffolds using the specified add-on. The module's purpose is to import text data, which is somewhat tough. However, using the data in the resulting DXF file format makes the importing procedure for locating forces within the truss much easier. FreeCAD's 3D objects can also be used to render the module graphically. The results are then displayed as a CSV file, which users can use to design the truss components in a variety of spreadsheet tools.

Keywords : Structural analysis, Truss, DXF graphic data, Python language, force member

1. บทนำ

การวิเคราะห์ โครงข่ายหมุนด้วยคอมพิวเตอร์ใช้วิธีวิเคราะห์ด้วยวิธีเมทริกซ์ (Matrix Method) การวิเคราะห์โครงข่ายหมุนโดยการคำนวณด้วยเครื่องคำนวณใช้เวลาในการวิเคราะห์ค่อนข้างมาก การนำคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยในการคำนวณจะใช้เวลาลดลง ปัจจุบันจะมีการพัฒนาโปรแกรมเชิงพาณิชย์สำหรับวิเคราะห์โครงข่ายหมุน แต่ปัญหาที่พบคือ โปรแกรมเหล่านี้มีราคาแพง และปรับแต่งผลลัพธ์ตามที่ผู้ใช้งานต้องการไม่ได้ ส่วนโปรแกรมที่ไม่คิดมูลค่าบางโปรแกรมก็ไม่ได้ปรับปรุงรุ่นให้สอดคล้องกับระบบปฏิบัติการที่พัฒนาอย่างต่อเนื่อง (โปรแกรมการวิเคราะห์ด้วยวิธีเมทริกซ์) โดยคอมพิวเตอร์ส่วนใหญ่ถูกพัฒนาเป็นโปรแกรมแบบรหัสเปิด ผู้ใช้ไม่สามารถนำไปพัฒนาเพิ่มเติมต่อไปได้ โดยมากโปรแกรมที่ใช้งานได้ดีก็จะเป็นโปรแกรมที่มีลิขสิทธิ์และมีราคาสูงมาก ดังนั้นผู้วิจัยเห็นว่าควรมีการพัฒนาโปรแกรมวิเคราะห์ โครงข่ายหมุน โดยใช้โปรแกรมแบบรหัสเปิด (Open Source) ซึ่งผู้ใช้งานสามารถนำไปพัฒนาเพิ่มเติมต่อไปได้ตามความต้องการของตัวเอง และไม่มีปัญหาเกี่ยวกับลิขสิทธิ์ รองรับระบบปฏิบัติการ (operating system) ได้หลากหลาย เช่น Windows , Linux หรือ Mac OS เป็นต้น

ภาษาไพทอน (Python) เป็นภาษาโปรแกรมที่มีไลบรารีช่วยความสามารถในด้านการคำนวณ เช่น ไลบรารี SciPy และ NumPy ซึ่งสามารถนำมาใช้งานในการคำนวณวิธีการทางตัวเลข มีความสามารถในการแก้สมการด้วยเมทริกซ์ ดังนั้นคาดว่าจะพัฒนาเพื่อนำมาใช้ในการวิเคราะห์โครงข่ายหมุนด้วยวิธีเมทริกซ์ได้ และโปรแกรมฟรีแคด (FreeCAD) [1] ที่ใช้ภาษาไพทอนเป็นภาษาสคริปต์สำหรับดำเนินการภายในมีความสามารถในการสร้างแบบจำลองสามมิติ และเขียนภาพสองมิติ และนำมาใช้ในส่วนแสดงผลการคำนวณโครงข่ายหมุนได้

ปัจจุบันนิยมใช้โปรแกรมช่วยการออกแบบและเขียนแบบซึ่งมีราคาค่อนข้างสูง โปรแกรมฟรีแคด โปรแกรมกลุ่มโอเพนซอร์ส มีความสามารถในการสร้างแบบจำลอง 3 มิติโดยใช้ค่าพารามิเตอร์ที่สร้างขึ้นเพื่อออกแบบวัตถุเสมือนจริง การสร้างแบบจำลองในแบบพารามेटริก (Parametric) ช่วยให้สามารถปรับเปลี่ยนการออกแบบได้อย่างสะดวก การเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์สามารถเปลี่ยนแบบจำลอง รวมถึงสามารถปรับแต่งด้วยสคริปต์ได้ เช่น ไพทอนซึ่งเป็นหนึ่งในภาษาสคริปต์ที่ดีที่สุด รวมถึงยังสามารถเพิ่มเติมส่วนขยายของโปรแกรมได้อย่างอิสระ โปรแกรมฟรีแคด สามารถทำงานได้ในหลายระบบปฏิบัติการด้วยรูปสัญลักษณ์และฟังก์ชันการทำงานที่เหมือนกัน ยังเป็นโปรแกรมออกแบบที่ทันสมัย มีลักษณะเดียวกับหลายๆ โปรแกรม เช่น Revit โดยมี Workbench เป็นชุดเครื่องมือที่จัดกลุ่มไว้เป็นพิเศษสำหรับงานแต่ละกลุ่ม

การออกแบบ โดยใช้โปรแกรมแคด (CAD Software) เป็นปกติของการออกแบบในยุคปัจจุบัน ที่ต้องการความสะดวกและรวดเร็วในการออกแบบ รวมถึงการแก้ไขและเปลี่ยนแปลงแบบทำได้โดยสะดวก การส่งไฟล์ออกแบบไปทำงานกับโปรแกรมอื่นก็เป็นเงื่อนไขความเข้ากันได้ของไฟล์ ด้วยระบบไฟล์ของโปรแกรมแคดที่เป็นไฟล์มาตรฐาน คือ ไฟล์รูปแบบ Drawing Exchange Format (DXF) เป็น ไฟล์กลางในรูปแบบไฟล์ข้อความที่มนุษย์สามารถทำความเข้าใจได้ [2] ใช้ในการแลกเปลี่ยนงานเขียนแบบของโปรแกรมเขียนแบบต่างๆ โดยกำหนดเป็นมาตรฐานกลาง การสร้างแบบก่อสร้างในรูปแบบไฟล์ DXF ด้วยความเป็นไฟล์มาตรฐานนี้จึงทำให้ โปรแกรมแคดทั้งหมดสามารถเปิดไฟล์นี้ได้ และด้วยความสามารถของไลบรารี ezdxf [3] จึงได้นำมาใช้เป็นตัวกลางในการส่งข้อมูลเข้าสู่โมดูลในการวิเคราะห์โครงข่ายหมุนแบบ 2 มิติ ซึ่งจะตอบโจทย์วัตถุประสงค์ของการวิจัยที่

ต้องการพัฒนา ทำให้ผู้ใช้มีความสะดวกต่อการนำไปใช้งาน ผลของการศึกษาสามารถนำไปถ่ายทอดความรู้ให้กับนักศึกษาที่เพิ่งจบการศึกษารวมถึงวิศวกรจะได้มีทางเลือกการใช้งาน โปรแกรมได้โดยไม่ละเมิดลิขสิทธิ์

2. หลักการและเหตุผล

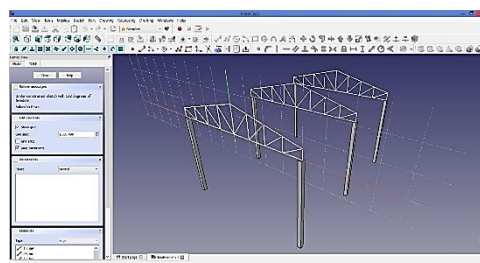
การวิเคราะห์โครงสร้างด้วยคอมพิวเตอร์จะนิยมใช้วิธีเมทริกซ์ (Matrix) ในการแก้ปัญหา โดยการประกอบค่าข้อมูลของโครงสร้างในรูปแบบเมทริกซ์ โดยโครงสร้างอยู่ในรูปแบบเชิงตัวเลข การวิเคราะห์จึงกำหนดตัวเลขให้กับจุดต่อและชิ้นส่วน โดยจัดเก็บอยู่ในรูปแบบเมทริกซ์ของจุดต่อ, จุตรองรับ, ขนาดหน้าตัดชิ้นส่วน, ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของวัสดุ และแรงกระทำ [4]

พิเชฐ และคณะ[5] ได้พัฒนาการวิเคราะห์
โครงสร้างองค์การด้วยวิธีเมทริกซ์ด้วยโปรแกรม
MatLab เป็น โปรแกรมที่มีคำสั่งช่วยเหลือทาง
คณิตศาสตร์ในการจัดการตัวแปรเมทริกซ์ แต่อย่างไร
ก็ตาม MatLab เป็น โปรแกรมที่มีราคาสูง อาจจะไม่
สะดวกต่อการจัดหามาใช้งาน

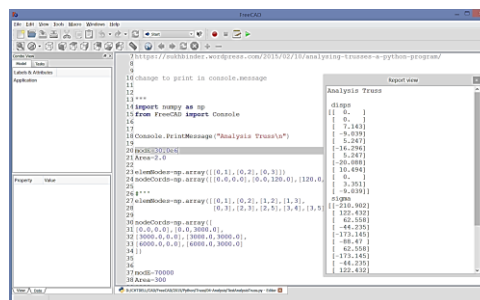
ผู้ดำเนินการวิจัยได้ทำการศึกษาวิธีการวิเคราะห์โครงถักด้วยวิธีเมทริกซ์ของ Kassimali [6] ได้อธิบายวิธีการคำนวณหาหมายเลขลำดับความอิสระให้กับจุดต่อของโครงข้อหมุน โดยจุดต่อใดที่เคลื่อนไม่ได้จะข้ามไปก่อน แล้วไล่ลำดับตามหมายเลขจุดต่อ แล้วค่อยมากำหนดหมายเลขลำดับความอิสระให้กับจุดรองรับอีกที โดยจะทำตามขั้นตอนในแผนภาพลำดับงาน และยังมีขั้นตอนที่ต้องดำเนินการสำหรับวิเคราะห์โครงข้อหมุน ทำให้สามารถดำเนินการพัฒนาคำสั่งโปรแกรมตามขั้นตอนได้ [4]

โปรแกรมฟรีแคดเป็นโปรแกรมสร้างแบบจำลองสามมิติใช้งานทางด้านวิศวกรรมเครื่องกลในการสร้างชิ้นงานและมีบางส่วนใช้งาน

ทางด้านสถาปัตยกรรมใช้ในการสร้างแบบจำลองสามมิติอาคารได้ โดยใช้สคริปต์ไพทอนช่วยช่วยในการสร้างวัตถุ ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบการวาดโครงข้อมูลด้วยภาษาไพทอน ดังแสดงในรูปที่ 1 และนำสคริปต์วิเคราะห์โครงข้อมูล มาทดสอบในเบื้องต้น โดยรายงานผลในเบื้องต้นผ่านหน้าจอ Report View ได้ผลดังแสดงในรูปที่ 2 นอกจากนี้ยังใช้สคริปต์สำหรับใช้ในส่วนของการแสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณโครงข้อมูลได้อีกด้วย [4]



รูปที่ 1 แสดงภาพโครงข้อหมุนแบบ 3 มิติ
จากโปรแกรมฟรีแคด [4]



รูปที่ 2 แสดงภาพการทดสอบการวิเคราะห์
โครงข้อหมุนในโปรแกรมฟรีแคด [4]

ภาษาไพทอน เป็นเป็นภาษาโปรแกรมมิ่งที่มีไลบรารีช่วยงานเพิ่มความสามารถในด้านการคำนวณ เช่น ไลบรารี SciPy และ NumPy ซึ่งสามารถนำมาใช้งานในการคำนวณวิธีการทางตัวเลขโดยใช้ในการแก้สมการด้วยวิธีเมทริกซ์ ซึ่งมีความสำคัญใน

การแก้ปัญหาเชิงตัวเลขสำหรับการวิเคราะห์โครงข้อหมุนด้วยวิธีเมทริกซ์ ในงานวิจัยนี้เลือกไลบรารี NumPy นำมาใช้ในการวิเคราะห์โครงข้อหมุน [4]

NumPy เป็นชื่อของไลบรารี อยู่ในโปรแกรมฟรีแคด ใช้ในการคำนวณทางคณิตศาสตร์ ภายในถูกเขียนด้วยภาษา C จึงทำงานได้เร็วและมีประสิทธิภาพ โดย NumPy มีความสามารถในการจัดการกับอาร์เรย์หลายมิติและข้อมูลแบบเมทริกซ์ โดยรวบรวมคำสั่งที่เกี่ยวข้องกับเมทริกซ์ให้เลือกใช้ได้อย่างสะดวกสบาย เช่น dot product, transpose, inverse เป็นต้น โดยในโปรแกรมฟรีแคด รุ่น 0.20 จะติดตั้งไลบรารี NumPy ไว้เรียบร้อยแล้ว [4]

ezdxf [3] เป็นชื่อของไลบรารีภาษาไพทอน สำหรับสร้างและจัดการไฟล์ DXF พัฒนาโดย Manfred Moitzl ใช้สร้างไฟล์ DXF ซึ่งสามารถ อ่าน, แก้ไข, เขียนไฟล์ DXF โดยรองรับ DXF เวอร์ชันใหม่ : ตั้งแต่ R12, R2000, R2004, R2007, R2010, R2013 และ R2018 เพิ่ม DXF เวอร์ชัน R13/R14 ไปจนถึง เวอร์ชัน DXF ที่ต่ำกว่า R12 รองรับการอ่านและเขียนสำหรับไฟล์รูปแบบ ASCII DXF และไบนารี DXF ใน FreeCAD รุ่น 0.20 จะติดตั้งไลบรารี exdxf ไว้เป็นไลบรารีใช้งานภายในโดยไม่ต้องติดตั้งเพิ่มเติม ezdxf จะมีคำสั่งช่วยในการจัดการเขียนไฟล์ dxf ได้เพิ่มความสะดวกในการใช้งานควบคุมไฟล์งานเขียนแบบ เช่น กำหนดเลเยอร์, คำสั่ง add_line ใช้เพิ่มเส้นตรง, คำสั่ง add_text เพิ่มข้อความ เป็นต้น

การเขียนแบบก่อสร้างในอดีตที่มีการพัฒนาไปถึงการสร้างแบบจำลองอาคาร โปรแกรม CAD การพัฒนาไฟล์ในรูปแบบของไฟล์ DXF เป็นไฟล์มาตรฐาน (Drawing Exchange) ก็ถูกพัฒนาไปตามโปรแกรมแคดที่ใช้เขียนแบบทำให้มีความทันสมัยมากขึ้นเพื่อใช้สำหรับแลกเปลี่ยนไฟล์ระหว่างกันได้ ทำให้สามารถใช้ข้อมูลร่วมกันระหว่างโปรแกรม

เขียนแบบต่างบริษัทกันได้ เช่น โปรแกรมแคดของบริษัท ก สามารถทำงานร่วมกันกับโปรแกรมแคดของบริษัท ข ได้ [7]

การติดตั้งโมดูลวิเคราะห์โครงข้อหมุนให้กับโปรแกรมฟรีแคด ในส่วนโปรแกรมฟรีแคดมีการติดตั้งภาษาไพทอนรวมถึงไลบรารีเสริม NumPy, ezdxf มาให้เรียบร้อยแล้ว และติดตั้งโมดูลวิเคราะห์โครงข้อหมุนเพิ่ม(พัฒนาในงานวิจัยก่อนหน้านี้) และเมื่อต้องการใช้งานก็ทำการเรียกผ่านเมนูมาโคร (Macro) รายละเอียดส่วนประกอบของโมดูลวิเคราะห์โครงข้อหมุน ดังแสดงในรูปที่ 3 ซึ่งมีประกอบด้วยโมดูล 5 ส่วน ดังต่อไปนี้

- ☐ โมดูลวิเคราะห์ (Analysis Module)
- ☐ โมดูลแสดงผลลัพธ์เป็นวัตถุสามมิติ (3D Object Result Module)
- ☐ โมดูลแสดงผลลัพธ์เป็น SVG ลงบนกระดาษเขียนแบบ (SVG Result Module)
- ☐ โมดูลแสดงผลลัพธ์แผ่นงาน (Spreadsheet Display Result Module)
- ☐ โมดูลตัวช่วยสำหรับสร้างโครงข้อหมุน (Truss Generator Module)

การใช้ไฟล์ DXF ในโปรแกรมแคดในการเขียนแบบหรือสร้างแบบจำลองนั้นเป็นเรื่องปกติในการใช้งานอยู่แล้ว [8] เมื่อต้องการใช้เป็นเครื่องมือในการสร้างไฟล์เพื่อใช้ในการป้อนข้อมูลให้กับโมดูลวิเคราะห์โครงข้อหมุนเนื่องจากข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ในรูปแบบเดิมนั้นมีลักษณะเป็นข้อมูลแบบตัวอักษร จึงมีความจำเป็นที่จะต้องศึกษาไลบรารี ezdxf ว่ามีลักษณะของการอ่านและเขียนข้อมูลอย่างไรจึงจะสามารถสร้างไฟล์ DXF ได้อย่างถูกต้อง

```

167
168 def AnalyzeTruss2D(truss):
169 #def AnalyzeTruss2D(COORD,MSUP,MPRP,EM,CP, JPL , Qele):
170 FreeCAD.Console.PrintMessage("Truss 2D Analysis\n")
171
172 JP = truss['JPL'][:,0]
173 PJ = truss['JPL'][:,1,2]
174
175
176
177 NJ = int(truss['COORD'].shape[0])
178 NS = int(truss['MSUP'].shape[0])
179 NM = int(truss['MPRP'].shape[0])
180 NJL = int(truss['JPL'].shape[0])
181
182 FreeCAD.Console.PrintMessage("NJ = " + str(NJ) + "\n")
183 FreeCAD.Console.PrintMessage("NS = " + str(NS) + "\n")
184 FreeCAD.Console.PrintMessage("NM = " + str(NM) + "\n")
185
186 # Start Part VII
187 # Determining Number of Degrees of Freedom
188 NR=0
189 for i in range(0, NS):
190     for il in range(1, NCJT+1):
191         if truss['MSUP'][i][il]==1:
192             NR+=1
193
194 NDOF = NCJT*NJ - NR
195 FreeCAD.Console.PrintMessage("NR = " + str(NR) + "\n")
196 FreeCAD.Console.PrintMessage("NDOF = " + str(NDOF) + "\n")
197

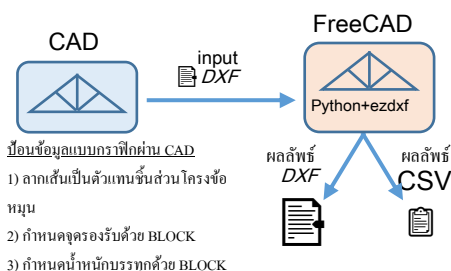
```

	checkVAR.py
	Type: Python File
	draw_truss2d.py
	Type: Python File
	drawTrussSVG.py
	Type: Python File
	Truss2dAnalysis.py
	Type: Python File
	truss2sheet.py
	Type: Python File

รูปที่ 3 รหัสคำสั่งภาษาไพทอนวิเคราะห์โครงข้อหมุนสองมิติ [4]

3. การวิเคราะห์โครงข้อหมุนจากข้อมูลกราฟิกแบบ DXF โดยใช้ภาษาไพทอน

วิเคราะห์โครงข้อหมุนจากไฟล์ DXF ประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก ๆ ที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์ คือส่วนแรกเป็นการอ่านไฟล์ข้อมูลแบบ DXF ที่สร้างจากโปรแกรมแคดและส่วนที่สองคือส่วนของโมดูลในการวิเคราะห์โครงข้อหมุนโดยส่วนนี้จะทำงานในโปรแกรมฟรีแคดและเขียนไฟล์ผลลัพธ์เป็นไฟล์ DXF กลับไปแสดงผลในโปรแกรมแคดอีกครั้ง โดยมีขั้นตอนการทำงานดังแสดงในรูปที่ 4

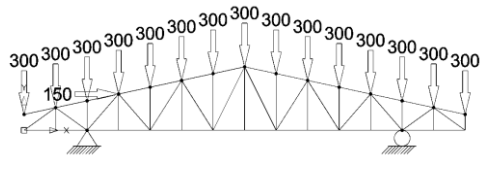
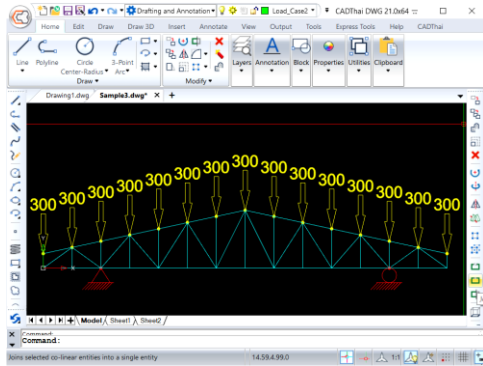


รูปที่ 4 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมในงานวิจัยนี้

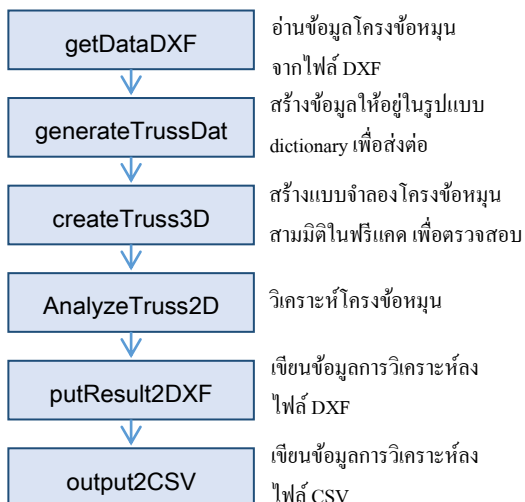
3.1 การเตรียมข้อมูลแบบไฟล์ DXF โดยใช้โปรแกรม CADThai

การเตรียมไฟล์ DXF โดยใช้โปรแกรม CADThai ในแสดงในรูปที่ 5 การเขียนแบบและสร้าง Block เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการวิเคราะห์ประกอบด้วย Block ของ Load, Support และ Member ที่สร้างจากการเขียนแบบโดยสร้างขึ้นมาให้มีลักษณะที่ใกล้เคียงกับสัญลักษณ์ที่ผู้ใช้งานสามารถเข้าใจได้ เพื่อให้ง่ายขึ้นจึงได้สร้างเป็น Block และกำหนดเป็น Attribute และ Block Definition และแก้ไขค่าตัวแปรในบาง Block ที่ได้สร้างขึ้น เช่น Load ทำให้สามารถเปลี่ยนแปลงค่าของ Load ได้ ในส่วนของโครงข้อหมุนทั้งหมดใช้วิธีการเขียนภาพเพื่อให้มีตำแหน่งที่แม่นยำจึงใช้ใช้ความสามารถของโปรแกรมเขียนแบบรวมถึงการดึงค่า Entity Snap เป็นการกำหนดตำแหน่งเป็นไปอย่างถูกต้อง แม่นยำ เพื่อลดความผิดพลาดของตำแหน่งของ Node ในโครงสร้างได้ดี เพราะหากส่วนสำคัญนี้เกิดความผิดพลาด ทำให้การนำเข้าข้อมูลผิดไปด้วย

เป็นส่วนสำคัญของการอ่านข้อมูลโครงข้อหมุนจากไฟล์ DXF แสดงในรูปที่ 6 โดยขั้นตอนทำงานชุดคำสั่งภาษาไพทอน

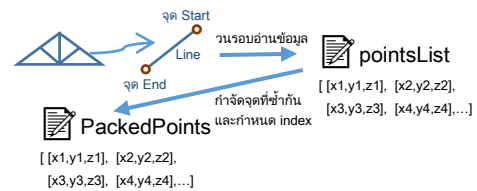


รูปที่ 5 ภาพโครงข้อหมุนที่สร้างในโปรแกรม CADThai เพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับอ่านสำหรับการวิเคราะห์

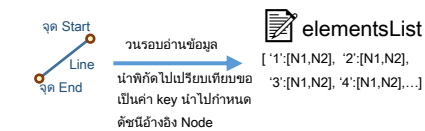


รูปที่ 6 ขั้นตอนทำงานชุดคำสั่งภาษาไพทอนในการอ่านข้อมูลโครงข้อหมุนจากไฟล์ DXF

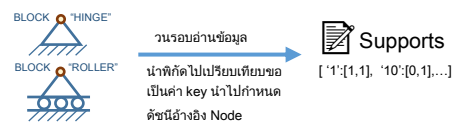
ขั้นตอนที่ ① อ่านค่าพิกัด (x,y) ของ Node



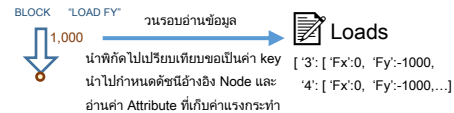
ขั้นตอนที่ ② อ่านค่าพิกัดนำไปเทียบเป็นค่าหมายเลข Node



ขั้นตอนที่ ③ ค้นหาจุดรองรับในรูปแบบ BLOCK



ขั้นตอนที่ ④ ค้นหาแรงกระทำในรูปแบบ BLOCK

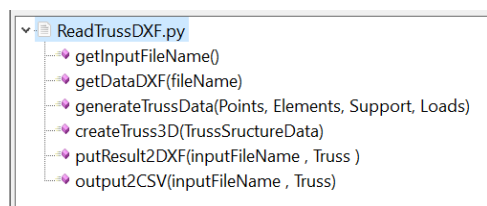


รูปที่ 7 ขั้นตอนทำงานของการแปลงข้อมูลจาก DXF เป็นข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์โครงข้อหมุน

3.2 การอ่านและเขียนไฟล์ข้อมูลแบบ DXF ด้วยไลบรารี ezdxf

การอ่านข้อมูลกราฟิกจากไฟล์ DXF มีขั้นตอนทำงานของการแปลงข้อมูลจาก DXF เป็นข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์โครงข้อหมุน ดังแสดงในรูปที่ 7 จะเรียกผ่านคำสั่ง getDataDXF โดยจะมีข้อกำหนดคือ เส้นแต่ละเส้นแทนชิ้นส่วนโครงถัก ดังนั้นเมื่อทำการเขียนภาพโครงถักในโปรแกรมแคดจะต้องทำการแบ่งเส้น TopChord และ BottomChord ด้วยคำสั่ง Divide แล้วดำเนินการอ่านข้อมูลของชิ้นส่วนเส้น(Line Entities) แล้วอ่านข้อมูล Attribute จุดหัว-ท้ายของเส้นมาเก็บไว้ หลังจากนั้นดำเนินการกำจัดจุดที่ซ้ำกันแล้วทำการตั้งชื่อเป็น key ให้กับชุดข้อมูล ขั้นตอนถัด

มาคือทำการอ่านข้อมูลจุดหัว-ท้ายของเส้นแล้วทำการเทียบพิกัดเพื่อกำหนดเป็นค่าของ key ให้กับชิ้นส่วนโครงถักตามหลักการวิเคราะห์โครงถักด้วยวิธีแมทริกซ์ การกำหนดจุดรองรับและน้ำหนักบรรทุกจะใช้วิธีกำหนดเป็น BLOCK ในโปรแกรมแฟลคเพื่อเก็บข้อมูล แล้วนำพิกัดมาเทียบเพื่อหาชื่อ key ของพิกัด และอ่านค่าของแรงกระทำจาก Attribute ของ BLOCK นำมากำหนดลงในชุดข้อมูลสำหรับวิเคราะห์ต่อไป มีขั้นตอนการทำงานของคำสั่งดังแสดงในรูปที่ 8

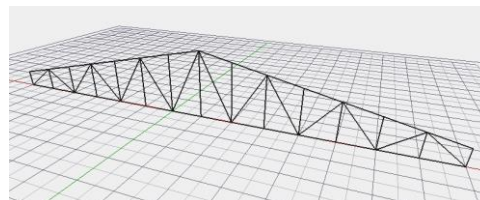


รูปที่ 8 ขั้นตอนการทำงานของคำสั่ง

หลังจากอ่านข้อมูลต่างๆ สำหรับวิเคราะห์โครงถักในขั้นตอนก่อนหน้านี้จะได้ข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบของอาร์เรย์ แต่ยังไม่สามารถส่งต่อเพื่อวิเคราะห์ได้ โดยทำการจัดรูปแบบให้เหมาะสมตามข้อกำหนดของรูทีนวิเคราะห์โครงถักด้วยชุดคำสั่ง generateTrussData หลังจากนั้นทำการสร้างโครงถักสามมิติแบบโครงลวด(Wireframe) แสดงในรูปที่ 9 ของโปรแกรมฟรีแคด เพื่อตรวจสอบความถูกต้องในการอ่านข้อมูล

หลังจากขบวนการวิเคราะห์โครงข้อหมุนแล้ว จะทำการเขียนผลลัพธ์ของแรงในโครงข้อหมุนโดยใช้คำสั่ง ezdxf ช่วยทำการเขียนเส้นและข้อความลงในไฟล์ DXF เพื่อแสดงผลลัพธ์ในรูปแบบกราฟิกแสดงผลลัพธ์ในโปรแกรม CADThai ได้ ผลลัพธ์แสดงให้เห็นชิ้นส่วนรับแรงดึงและแรงอัด พร้อมทั้งแสดงค่าของแรงในแต่ละชิ้นส่วน ทำให้ผู้ใช้มีความ

สะดวกต่อการอ่านค่าและผู้ใช้สามารถใช้ไฟล์ DXF นี้เพื่อใช้ในการเขียนรายละเอียดจุดต่อ ต่อไปได้



รูปที่ 9 ภาพโครงข้อหมุนที่สร้างในโปรแกรมฟรีแคด เพื่อใช้ตรวจสอบผลลัพธ์จากการอ่านข้อมูล

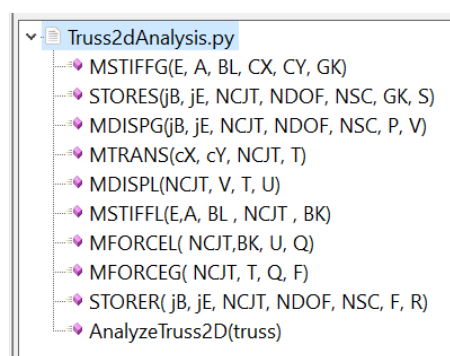
3.3 โมดูลภาษาไพทอนวิเคราะห์โครงข้อหมุน

โมดูลวิเคราะห์โครงข้อหมุนภาษาไพทอนของงานวิจัยนี้ ได้นำจากส่วนวิเคราะห์ข้อมูลของงานวิจัยที่ผ่านมา ขั้นตอนการทำงานตามรูปที่ 10 การจัดเก็บโมดูลในตำแหน่งโฟลเดอร์ด้วยไฟล์ ReadTrussData.py โดยการเรียกใช้งานโครงสร้างข้อมูลสำหรับโมดูลวิเคราะห์โครงข้อหมุนประกอบด้วยส่วนต่างๆ ที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์ โดยส่วนข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์ มีดังต่อไปนี้

1. จุดต่อ (Joint or Node) ของโครงข้อหมุนจะเก็บข้อมูลในรูปแบบแมทริกซ์สองมิติ เก็บข้อมูลพิกัดของจุดต่อแบบสองมิติคือ ค่า x และ y โดยสร้างลำดับของข้อมูลคือหมายเลขอ้างอิงของจุดต่อได้เลย เก็บค่าไว้ใน 'COORD'
2. ชิ้นส่วน (Member or Element) แต่ละชุดข้อมูลจะจัดเก็บ หมายเลขจุดเริ่ม, หมายเลขจุดท้าย, หมายเลขของค่าโมดูลสปีดหุยน และหมายเลขของขนาดหน้าตัด เก็บค่าไว้ใน 'MRPR'
3. จุดรองรับ (Supports) จะมีข้อมูลควบคุมอยู่สามลำดับ มีความหมายดังนี้ หมายเลขจุดต่อ, การล็อกหรือไม่เคลื่อนตัวในทิศ X, การล็อกหรือไม่เคลื่อนตัวในทิศ Y โดยสามารถดูข้อมูลของชนิดจุดรองรับ

และรหัสข้อมูลได้จากตาราง และเก็บค่าไว้ใน 'MSUP'

4. คุณสมบัติวัสดุของชิ้นส่วน ได้แก่ ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของวัสดุ เก็บค่าไว้ใน 'EM'
5. พื้นที่หน้าตัดของชิ้นส่วน เก็บค่าไว้ใน 'CP'
6. แรงกระทำ ที่จุดต่อ จะมีข้อมูลควบคุมอยู่สามลำดับ มีความหมายดังนี้ หมายเลขจุดต่อ, แรงกระทำในทิศ X, แรงกระทำในทิศ Y เก็บค่าไว้ใน 'JPL'



รูปที่ 10 ขั้นตอนการทำงานของคำสั่ง

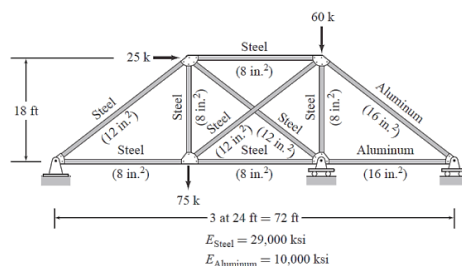
3. 4 การบันทึกผลการวิเคราะห์หลังไฟล์ CSV

ภาษาไพทอนมีไลบรารีมาตรฐานสำหรับบันทึกไฟล์ในรูปแบบ Comma Separated Value หรือมีชื่อย่อ CSV เป็นไฟล์ในรูปแบบการเก็บข้อมูลตัวเลข และตัวอักษร เป็นการเก็บข้อมูลในรูปแบบของตาราง ก่อนการใช้งานจะทำการเพิ่มคำสั่ง import csv ไว้ที่ต้นโปรแกรม หลังจากนั้นทำการเปิดไฟล์ข้อมูลเพื่อทำการเขียนผ่านคำสั่ง writetow ไฟล์ CSV ถูกเปิดโดยโปรแกรมต่างๆ เช่น Microsoft Excel, เอกสาร Google และ OpenOffice Calc ซึ่งโปรแกรมในกลุ่มนี้สามารถนำผลจากการวิเคราะห์โครงข้อหมุนไปคำนวณการออกแบบชิ้นส่วนของโครงข้อหมุนต่อไป โดยใช้ความสามารถของคำสั่งต่าง ๆ ในการหาค่าแรงสูงสุดของชิ้นส่วนรับแรงอัดและชิ้นส่วนรับแรงดึง ซึ่งนำแรงที่ได้ไปทำการออกแบบต่อไป

4. ผลการทดสอบและวิเคราะห์ผล

4.1 ผลการทดสอบ

โปรแกรมที่ได้ไปทดสอบวิเคราะห์โครงข้อหมุนตามตัวอย่างหนังสือ Matrix analysis of structures เพื่อเปรียบเทียบค่า และความถูกต้องของโปรแกรม ตัวอย่างดังรูปที่ 11



รูปที่ 11 โครงข้อหมุนตัวอย่าง

ผลการทดสอบป้อนข้อมูลโครงข้อหมุนสองมิติ เมื่อทำการวิเคราะห์พร้อมกับแสดงผล โดยนำไปเปรียบเทียบกับ คำคำตอบ โดยการวิเคราะห์โครงสร้างจากการคำนวณด้วยเครื่องคำนวณ พบว่ามีค่าตรงกัน โดยมีการตรวจสอบคำตอบที่ได้จากโมดูลวิเคราะห์โครงข้อหมุน โดยใช้วิธีการป้อนข้อมูลด้วยไฟล์ DXF เมื่อเทียบกับ โปรแกรมวิเคราะห์โครงข้อหมุนที่มีการเผยแพร่และใช้กันอย่างแพร่หลาย คือ โปรแกรม SUTSstructor และ โปรแกรม CCT-Truss ได้ผลลัพธ์อย่างถูกต้องและเท่ากันทั้งค่าของแรงภายในชิ้นส่วน ทิศทางของแรง รวมถึงตำแหน่งของชิ้นส่วน ยังตรงกันอีกด้วย โดยตรวจสอบจากหมายเลขของชิ้นส่วนการวิเคราะห์แบบไฟล์ DXF เป็นหลักและเทียบตามตำแหน่งเดียวกันของโครงข้อหมุนที่ได้จากการวิเคราะห์กับ โปรแกรมดังกล่าวข้างต้น จากกระบวนการที่ใช้ในการวิเคราะห์โครงข้อหมุนที่มีพื้นฐานเดียวกันที่มาจากการวิเคราะห์โดยวิธีเมตริกซ์ ทำให้ผลที่ได้จากการวิเคราะห์หามีค่าเท่ากัน ดังแสดงผลของแสดงผลของแรงภายในในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงผลการคำนวณแรงภายในของแต่ละโปรแกรม

Member No.	แรงภายในชิ้นส่วน (kg.)		
	DXF.	SUT.	CCT.
1	61.06	61.062	61.06
2	52.64	52.635	52.64
3	-44.32	-44.316	-44.32
4	29.75	29.751	29.75
5	-87.99	-87.991	-87.99
6	-23.43	-23.434	-23.43
7	-7.88	-7.877	-7.88
8	9.68	9.679	9.68
9	38.48	38.478	38.48
10	-46.24	-46.24	-46.24

หมายเหตุ

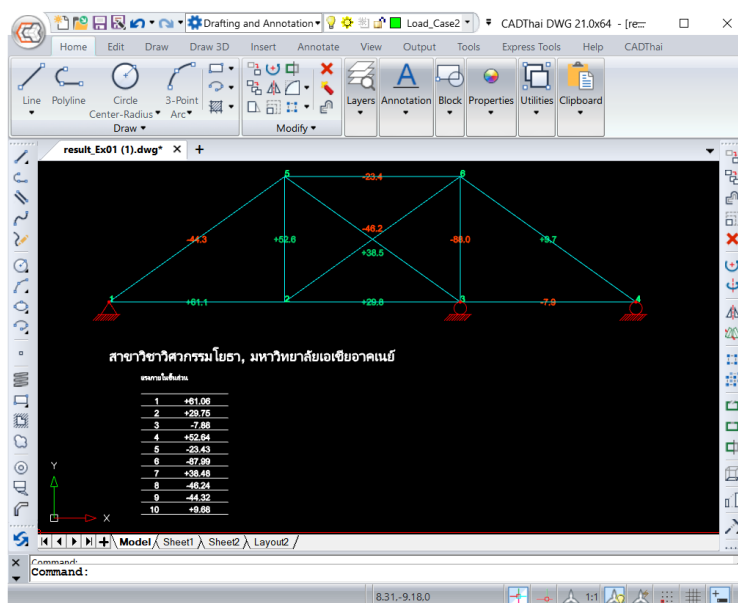
DXF : โปรแกรมจากการป้อนข้อมูลแบบไฟล์ DXF

SUT : โปรแกรม SUTStructor

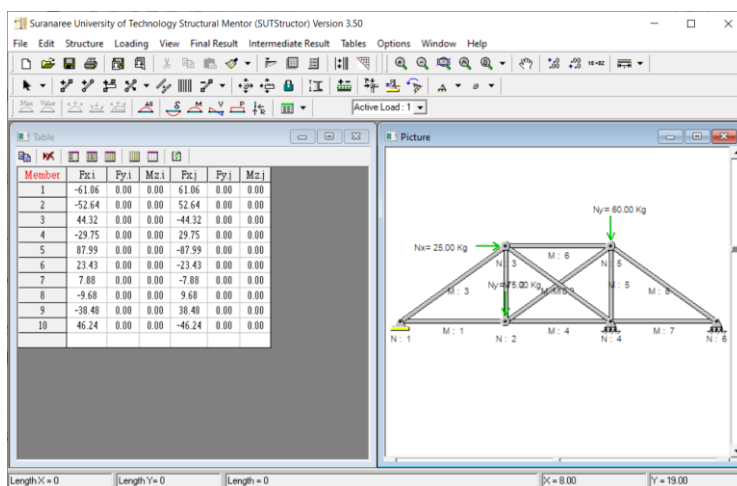
CCT : โปรแกรม CCT-Truss

แรงภายในชิ้นส่วน + แรงดึง, - แรงอัด

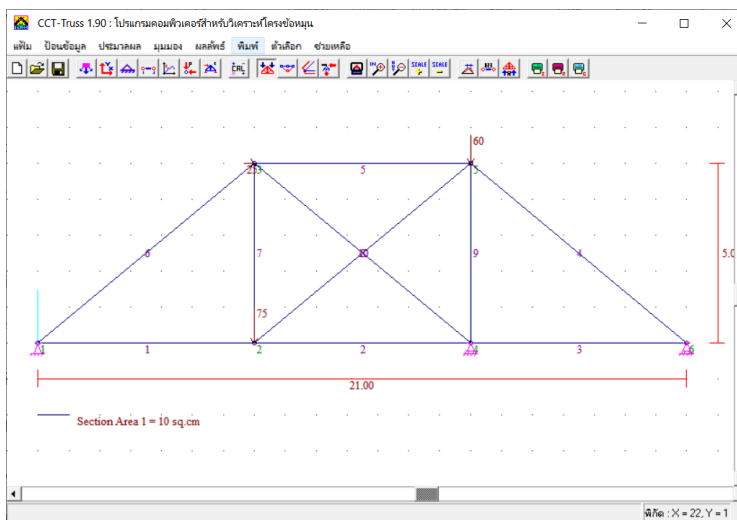
ผลวิเคราะห์ของโครงข้อหมุน แสดงในรูปแบบที่ 12(ก) ผลลัพธ์จากการป้อนข้อมูลแบบไฟล์ DXF รูปที่ 12(ข) ผลลัพธ์จากโปรแกรม SUTStructor และรูปที่ 12(ค) ผลลัพธ์จากโปรแกรม CCT-Truss เปรียบเทียบผลการผลวิเคราะห์ จะเห็นได้ว่าได้ค่าผลลัพธ์เท่ากันและตำแหน่งแรงสูงสุด เหมือนกันทุกโปรแกรมทั้งตำแหน่งแรงดึงและแรงอัด นอกจากนี้ส่วนของแรงภายในโครงข้อหมุนแล้วยังมีผลของการเสียรูปของโครงถัก (Displacement) ที่ตำแหน่งจุดต่อ (nodal displacement) ของโครงข้อหมุนแสดงในรูปแบบไฟล์ DXF และผลลัพธ์ของตัวเลขในไฟล์ CSV ที่เป็นส่วนของผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์โครงข้อหมุนแต่ผลของการวิเคราะห์ในส่วนนี้ยังไม่ได้เป็นส่วนหลักที่งานวิจัยในส่วนนี้ทำการศึกษา แต่มีความสามารถในการแสดงผลได้และด้วยกระบวนการของการวิเคราะห์ด้วยวิธีทางเมทริกซ์ก็ต้องอาศัยค่า Displacement ของโครงข้อหมุนเพื่อใช้ในการคำนวณหาแรงภายใน เหลือเพียงการแสดงผลทางด้านกราฟิก ยังมีความไม่สมบูรณ์อยู่บ้าง



(ก) ผลการวิเคราะห์แบบไฟล์ DXF



(ข) ผลการวิเคราะห์โดยโปรแกรม SUTStructur



(ค) ผลการวิเคราะห์โดยโปรแกรม CCT-Truss

รูปที่ 12 แสดงผลการวิเคราะห์โครงข้อหมุน

ตารางที่ 2 แสดงผลการคำนวณแรงภายในของแต่ละ
โปรแกรม

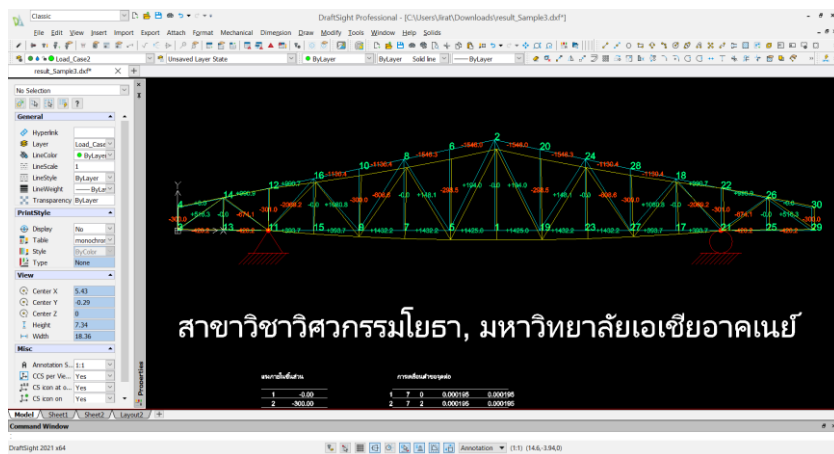
Member No.	แรงภายในชิ้นส่วนสูงสุด (kg.)		
	DXF.	SUT.	CCT.
แรงดึง	1432.21	1432.43	1431.82
แรงอัด	-2069.20	-2077.04	-2069.81

หมายเหตุ

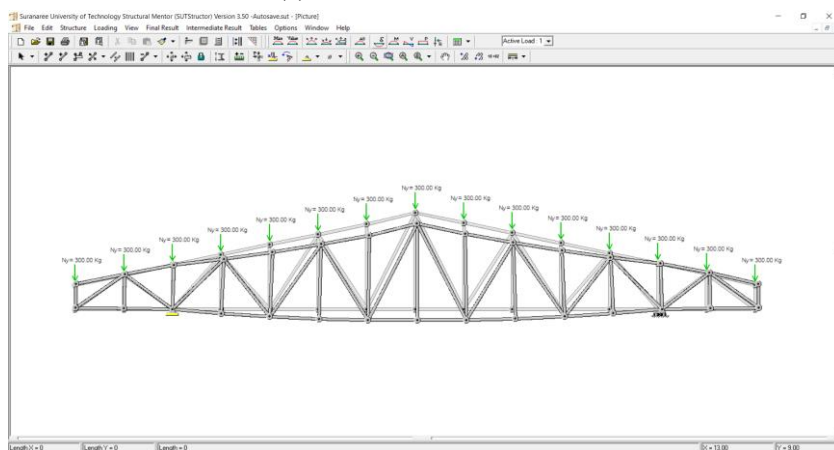
DXF : โปรแกรมจากการป้อนข้อมูลแบบไฟล์ DXF

SUT : โปรแกรม SUTStructur

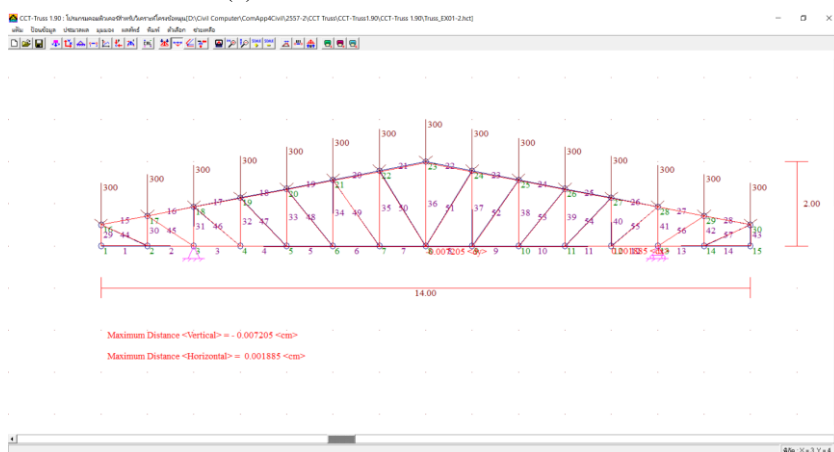
CCT : โปรแกรม CCT-Truss



(ก) ผลการวิเคราะห์แบบไฟล์ DXF



(ข) ผลการวิเคราะห์โดยโปรแกรม SUTStructur



(ค) ผลการวิเคราะห์โดยโปรแกรม CCT-Truss

รูปที่ 13 ข้อมูลโครงข้อหมุนตัวอย่างที่ 2 และการเสียรูปของโครงข้อหมุน

ผลการทดสอบวิเคราะห์โครงข้อหมุนที่มีขนาดใหญ่ขึ้น ผลของหารวิเคราะห์ของค่าแรงดึงและแรงอัดสูงสุด แสดงในตารางที่ 2 และรูปแบบของโครงถักรวมถึงการเสียบรูปของโครงถักดังแสดงในรูปที่ 13 ผลลัพธ์ที่ได้เทียบกับโปรแกรมทั้งสองมีค่าแตกต่างของแรงภายในชิ้นส่วนสูงสุดไม่เกินร้อยละ 1 การเสียบรูปนั้นในงานวิจัยนี้เป็นการเริ่มต้นพัฒนาส่วนของโปรแกรมและยังไม่ได้เป็นส่วนหลักในการทดสอบ

4.2 วิเคราะห์ผลการทดสอบ

ผลลัพธ์ของค่าแรงดึงและแรงอัดของแรงภายในชิ้นส่วน ที่ได้จากการวิเคราะห์โครงข้อหมุนโดยการใช้ไฟล์ DXF นำเข้านั้นต้องมีการเขียนที่ถูกต้องแม่นยำ โปรแกรม ezdxf ที่ใช้เป็นเครื่องมือในการอ่านข้อมูลเข้าสู่โมดูลในการวิเคราะห์ เพื่อให้ได้ค่าที่ถูกต้อง ค่าที่มีความใกล้เคียงกันมากนี้เป็นผลจากวิธีการคำนวณที่เหมือนกันโดยใช้แบบเมทริกซ์ จากผลลัพธ์ที่ได้เทียบกับ โปรแกรม SUTSstructor และโปรแกรม CCT-Truss มีค่าแตกต่างกันน้อยมาก

5. สรุปผล

การอ่านข้อมูลจากไฟล์ DXF ซึ่งได้จากการเขียนแบบโครงข้อหมุนรวมกับการใช้ Block เพื่อนำเข้าสู่การวิเคราะห์นั้นทำได้สะดวกทั้งส่วนของ การนำเข้าข้อมูลและการแสดงผลลัพธ์

การคำนวณที่เหมือนกันโดยใช้วิธีเมทริกซ์ ทำให้ผลลัพธ์ที่ได้เมื่อเทียบกับ โปรแกรม SUTSstructor และโปรแกรม CCT-Truss ที่ได้รับการยอมรับการใช้งานโดยทั่วไป มีค่าไม่แตกต่างกันมีความคลาดเคลื่อนน้อย แสดงว่าโมดูลส่วนของการวิเคราะห์ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมีความถูกต้องแม่นยำสูง

จากผลการวิจัยเมื่อแสดงผลจากการอ่านข้อมูลด้วยการป้อนจากการสร้างไฟล์ DXF แล้ว

สามารถนำไปพัฒนาต่อในส่วนต่างๆ เพิ่มเติม เช่น การใช้ภาษา LISP + DCL ในการสร้างโครงสร้างแบบอัตโนมัติ ส่วนผลการวิเคราะห์ควรนำไปพัฒนาเพิ่มเติมต่อในส่วนเลือกขนาดหน้าตัดเหล็กอุปกรณ์มาตรฐานจากตารางเพื่อตรวจสอบการโค้งตัวให้ผ่านตามเกณฑ์การออกแบบ และการออกแบบจุดต่อ รวมถึงการเขียนจุดต่อโครงถักเพื่อการก่อสร้างจริง (Shop Drawing) ควรพัฒนาให้แสดงผลเป็นแบบจำลองโครงถักสามมิติเพื่อใช้ในการตรวจสอบขนาดโครงสร้างจะทำให้มีขบวนการ BIM ที่มากขึ้น

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบพระคุณ คุณย่าแปลก เหมือนปี่ว ,อาจารย์ชยาทิพย์ วัฒนวิทย์กิจ ผู้สอนการประกอบ เมทริกซ์แก่ลูกศิษย์ด้วยความอดทน และอาจารย์ปิ๊ด อังสุวาทย์ ผู้ให้กำลังใจกับลูกศิษย์ให้ทำวิจัยอย่างต่อเนื่อง ขอขอบคุณ สำนักวิจัยมหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์สำหรับทุนสนับสนุนงานวิจัยนี้ และการจัดอบรมเพื่อส่งเสริมคุณภาพของนักวิจัย ขอขอบคุณ ผศ.เทอดศักดิ์ สายสุทธิ สำหรับข้อมูลโครงข้อหมุน

เอกสารอ้างอิง

- [1] FreeCAD. (2021, May). [Online]. <https://www.freecadweb.org/>
- [2] จิรฐิติ บรรจงศิริ, นิยม กิจหนองสรวง, ยุทธนา พลเสนา, วีระ ไชยสุกุล, สมศักดิ์ ลาภเวที และ สุขสันต์ เกนทวาช (2559). แบบก่อสร้าง : มาตรฐาน การจัดทำ แนวทาง การปรับปรุงและพัฒนา 1, SAU JOURNAL OF SCIENCE & TECHNOLOGY, Vol. 2, No. 1, January – June 2016, หน้า 29 – 43.
- [3] ezdxf. (2021, May). [Online]. <https://ezdxf.readthedocs.io/en/stable/index.html>.

- [4] จักริ ดิยะวงศ์สุวรรณ (2559). การพัฒนาโมดูลสำหรับวิเคราะห์โครงข้อหมุนสองมิติในโปรแกรม FreeCAD, การประชุมวิชาการระดับชาติสหวิทยาการเอเชียอาคเนย์ 2559 ครั้งที่ 3, มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์ โรงแรมริชมอนด์ สโตร์ลิส คอนเวนชัน นนทบุรี
- [5] พิเชฐ เขียวขงศ์, ณัฐดนัย อินทร และชลันธร อยู่ดี.(2552) การพัฒนาโปรแกรม MATLAB เพื่อวิเคราะห์โครงถัก 2 มิติ, ปรินูญานิพนธ์ สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยนครสวรรค์.
- [6] Kassimali, A. (1999). Matrix analysis of structures. Pacific Grove, CA: Brooks/Cole.
- [7] จักริ ดิยะวงศ์สุวรรณ (2560). การศึกษาการสร้างไฟล์ DXF ด้วยไลบรารีภาษาไพทอน, การประชุมวิชาการระดับชาติสหวิทยาการเอเชียอาคเนย์ 2560 ครั้งที่ 4, มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์ โรงแรมริชมอนด์ สโตร์ลิส คอนเวนชัน นนทบุรี
- [8] จิรฐิติ บรรจงศิริ (2560). การศึกษาแนวทางการใช้สคริปต์ไฟล์จากไมโครซอฟท์เอกซ์เซลสร้างแคดไฟล์, การประชุมวิชาการระดับชาติสหวิทยาการเอเชียอาคเนย์ 2560 : การออกแบบนวัตกรรมเพื่อการศึกษาและงานวิจัย 4.0, วันศุกร์ที่ 23 - วันเสาร์ที่ 24 มิถุนายน 2560, โรงแรมริชมอนด์สโตร์ลิสคอนเวนชัน นนทบุรี.

ประวัติผู้ประพันธ์ :



จักริ ดิยะวงศ์สุวรรณ : สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาโท (วศ.ม.วิศวกรรมโครงสร้าง) มหาวิทยาลัย ขอนแก่น ปัจจุบันดำรงตำแหน่งอาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรม

โยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์ **งานวิจัยที่สนใจ** ได้แก่คอมพิวเตอร์สำหรับงานวิศวกรรมโยธา



จิรฐิติ บรรจงศิริ : สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาโท (วศ.ม.วิศวกรรมโครงสร้าง) มหาวิทยาลัย ขอนแก่น ปัจจุบัน ดำรงตำแหน่งผู้ช่วยศาสตราจารย์ประจำ

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์ **งานวิจัยที่สนใจ** ได้แก่ วัสดุวิศวกรรมโยธาและการทดสอบ, Graphic and Drawing in Civil Engineering



สมภพ ลิ้มประไพพงษ์ : สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาโท (วศ.ม.วิศวกรรมโครงสร้าง) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ปัจจุบันดำรงตำแหน่งอาจารย์ประจำ

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์ **งานวิจัยที่สนใจ** ได้แก่การวิเคราะห์และออกแบบโครงสร้างอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก และอาคารเหล็กบูรณาการ