การแสดงรายละเอียดจุดต่อชิ้นส่วนสำเร็จรูปแบบ 3 มิติโดยอาศัยโปรแกรมฟรีแคด

Display Detail of 3D Precast Concrete Connection Member by FreeCAD Software

สำเนียง องสุพันธ์กุล[1]* จักรี ติยะวงศ์สุวรรณ[2] และ จิรัฐิติ์ บรรจงศิริ[3]

[1] สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร มหาวิทยาลัยเทคโลโนยีราชมงคลรัตนโกสินทร

[2,3] สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์

E-mail: sumnieng@gmail.com*, Chakkreet@sau.ac.th, jiratb@sau.ac.th

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันการก่อสร้างได้นิยมนำเทคโนโลยีก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูปแพร่หลายมากขึ้น โดยมากเป็นการหล่อชิ้นส่วนมาก่อนแล้วนำมาติดตั้งเข้าด้วยกันด้วยวิธีการต่อแบบต่าง ๆ ปัจจัยที่ทำให้ชิ้นส่วนสำเร็จรูปมีความนิยมอย่างรวดเร็วนี้ก็เนื่องมาจากค่าแรงของแรงงานก่อสร้างและค่าวัสดุก่อสร้างที่เพิ่มราคาขึ้น บทความนี้จึงได้นำเสนอรายละเอียดจุดต่อของโครงสร้างซึ่งเป็นส่วนที่สำคัญของการก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูป เป็นการแสดงรายละเอียดจุดต่อชิ้นส่วนสำเร็จรูปแบบ 3 มิติ โดยใช้โปรแกรมฟรีแคดอาศัยสคริปต์ภาษาไพธอนช่วยสร้างรายละเอียดเหล็กเสริม สามารถแสดงแบบได้ถูกต้องตรงสวยงามเข้าใจได้ง่ายเพื่อให้เข้าใจในวิธีการก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูปเป็นไปมาตรฐานตามหลักวิศวกรรม นอกจากนี้ยังได้ทำการทดสอบการส่งผ่านไฟล์กลางแบบไฟล์ ไอเอฟซี จากโปรแกรมฟรีแคดไปยังโปรแกรมสเก็ตอัปและบิมวิวเวอร์ แต่รายละเอียดยังไม่สมบูรณ์ประกอบกับไฟล์ที่ส่งออกยังมีขนาดที่ใหญ่เกินไปอีกด้วย

คำสำคัญ: ชิ้นส่วนสำเร็จรูป จุดต่อโครงสร้าง ฟรีแคด ไฟล์ไอเอฟซี

Abstract

Nowadays, prefabricated construction technology is getting more popular in construction industry. Generally, member is casted in order to fix with other different connections. The rapid rise in popularity of these parts is due heavily to the raising of construction labor and materials costs. This article provides the detail of connection member of the structure, which is an important part of prefabricated construction parts. It shows a detail of connection precast concrete member in 3-D by using python script in FreeCAD software. Moreover, the drawing can be displayed accurately, sightly and obviously in order to understand the construction method with the finished parts system based on engineering standards. In addition, it also tested the transferring of IFC file from FreeCAD to SketchUP and BIM Viewer software. Nevertheless, the details are not yet completed and the output file is still too large.

Keywords: Precast member, Consrtuction Joint, FreeCAD, IFC File

1. ที่มาและความสำคัญ

ในปัจจุบันการก่อสร้างได้นิยมนำเทคโนโลยีก่อสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูป (Precast) แพร่หลายมากขึ้น จะเป็นการหล่อชิ้นส่วนก่อนแล้วนำมาติดตั้งเข้าด้วยกันด้วยวิธีการต่อแบบต่าง ๆ ปัจจัยที่ทำให้ชิ้นส่วนสำเร็จรูปมีความนิยมมากขึ้นเนื่องจากค่าแรงของแรงงานก่อสร้างและค่าวัสดุก่อสร้างที่เพิ่มราคาขึ้น และโครงสร้างคอนกรีตจะมีราคาที่ต่ำกว่าโครงสร้างเหล็ก

ภาพที่ 1 แสดงรอยต่อของชิ้นส่วนคานต่อกับคานเสาที่สอบถามผ่านชุมชนออนไลน์

จากภาพที่ 1 เกิดคำถามว่ารอยต่อของชิ้นส่วนคานคอนกรีตสำเร็จรูปใช้งานได้หรือไม่ รอยต่อสามารถต้านทานแรงเฉือนได้หรือไม่ แม้ว่าจะก่อสร้างแล้วโครงสร้างสามารถคงอยู่ได้ แต่อาจจะปลอดภัยสำหรับกรณีที่พิเศษเช่น แผ่นดินไหวรอยต่อแต่ละประเภทจะยังคงรับแรงในแนวราบ (Horizontal Force) ได้หรือไม่ ปัญหาของรอยต่อที่ไม่ได้มาตรฐานจากการดัดแปลงแบบก่อสร้างที่ต่างจากแบบที่ใช้ขออนุญาตปลูกสร้าง เมื่อทำการสืบค้นจะพบว่าประชาชนทั่วไปจะประสบกับปัญหาและขาดความเข้าใจ และเมื่อสอบถามทางวิศวกรก็อาจจะไม่ได้คำตอบที่แน่ชัด เนื่องจากองค์ความรู้ทางด้านชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปยังไม่ได้จัดสอนในหลักสูตรกับอย่างแพร่หลาย และอาคารประเภทชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปเมื่อทำการก่อสร้างแล้วถ้ามีความผิดพลาดหรือปฏิบัติไม่ถูกต้องจะแก้ไขโครงภายหลังได้ยาก เกิดเป็นความสูญเสียเงินแก่ประชาชน และอาจจะก่อให้เกิดอันตรายแก่ชีวิต

การแสดงแบบก่อสร้างในปัจจุบันนั้นไม่ได้จำกัดอยู่ในรูปแบบเพียง 2 มิติเท่านั้น หากยังมีความพยายามแสดงออกในรูปแบบของแบบก่อสร้างในระบบ 3 มิติ เพื่อต้องการสื่อสารให้เกิดความเข้าใจที่ตรงกันอย่างชัดเจนและถูกต้องระหว่างผู้ออกแบบกับผู้ทำการก่อสร้างเพื่อให้สามารถเข้าใจแบบได้ถูกต้องมากที่สุด บ่อยครั้งเราจึงพบรูปภาพแบบ 3 มิติถูกนำมาแสดงในแบบก่อสร้าง การใช้เทคโนโลยีในปัจจุบันจึงเข้ามาตอบสนองรูปแบบของการนำเสนอแบบก่อสร้างโดยไม่ได้จำกัดวงอยู่เฉพาะภายในเครื่องคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะหรือคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลเท่านั้น การใช้คอมพิวเตอร์สร้างเป็นภาพเสมือนจริงโดยการนำเสนองานคอนกรีตเสริมเหล็กเป็นรูปแบบ 3 มิติ สามารถแสดงมุมมองส่วนโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กที่มีความซับซ้อน โดยจัดทำในรูปแบบที่มีความเข้าใจและใช้งานง่ายขึ้น ช่วยให้งานก่อสร้างโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น การเขียนแบบหรือนำเสนอแบบก่อสร้างในรูปแบบจำลอง 3 มิติ ในปัจจุบัน มักนิยมใช้โปรแกรมในช่วยการออกแบบและเขียนแบบซึ่งมีราคาค่อนข้างสูง แม้ว่าจะมีฟรีแวร์บางโปรแกรมมาช่วยเหลือในการสร้าง แต่มักมีการกำหนดเงื่อนไขการใช้งานในแง่การใช้งานในเชิงธุรกิจ ปัญหาเหล่านี้มักทำให้ผู้ใช้บางส่วนเลือกที่จะละเมิดลิขสิทธิ์ซอฟท์แวร์หากเราเลือกใช้โปรแกรมที่อยู่ในกลุ่มซอฟต์แวร์โอเพนซอร์ส (Open source software) นี้จะมีสัญญาอนุญาตที่เป็น GPL หรือ LGPL License ลักษณะของสัญญาอนุญาต GPL มีลักษณะ “เสรี” ดังนี้ เสรีภาพในการใช้งาน ไม่ว่าใช้สำหรับจุดประสงค์ใดไม่ว่าจะเป็นเสรีภาพในการศึกษาการทำงานของโปรแกรม และแก้ไขโค้ด เสรีภาพในการจำหน่ายโปรแกรม เสรีภาพในการปรับปรุงและเปิดให้บุคคลทั่วไปใช้และพัฒนาต่อไป

2. วัตถุประสงค์

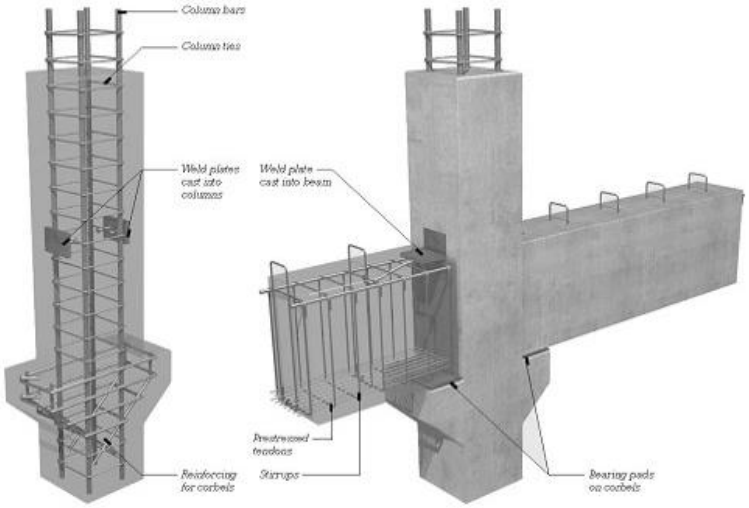
เพื่อสร้างองค์ความรู้ในการเสริมเหล็กในการออกแบบจุดต่อชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปชนิดไม่อัดแรง (Non-Prestressed Member) และเผยแพร่ความรู้ให้แก่นักศึกษา, อาจารย์ผู้สอน และวิศวกร เพื่อให้ผลิตวิศวกรที่มีความรู้เกี่ยวเพียงพอต่อความต้องการของภาคอุตสาหกรรมก่อสร้างอาคารด้วยชิ้นส่วนสำเร็จรูป และช่วยแก้ปัญหาการความเข้าใจของแบบจุดต่อโครงสร้างในรูปแบบ 2 มิติ ซึ่งนำไปสู่การก่อสร้างที่ถูกต้องอีกด้วย บทความยังนำเสนอแนวทางการใช้โปรแกรมโอเพนซอร์สในการนำเสนอการสร้างแบบจุดต่อแบบ 3 มิติ โดยใช้โปรแกรม FreeCAD โปรแกรมที่อยู่ในกลุ่มโอเพนซอร์ส เพื่อลดปัญหาการละเมิดลิขสิทธิ์โปรแกรมได้อีกทางหนึ่งด้วย นอกจากนี้ยังได้ทดสอบการแลกเปลี่ยนไฟล์ระหว่างซอฟต์แวร์โอเพนซอร์สกับซอฟต์แวร์เชิงพาณิชย์ (Commercial software) ผ่านไฟล์กลางในรูปแบบไฟล์ IFC ซึ่งเป็นไฟล์กลางมาตรฐานในโปรแกรมกลุ่ม BIM

3. ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ระบบการก่อสร้างชิ้นส่วนสำเร็จรูป ระบบ Precast (พรีคาสท์) เป็นการนำเอาชิ้นส่วนคอนกรีตเสริมเหล็กสำเร็จรูปมาประกอบหรือติดตั้งเป็นชิ้นงานเป็นบ้าน พรีคาสท์ก็จะเป็นแผ่นคอนกรีตสำเร็จและเป็นที่นิยมกันมากในประเทศไทย ระบบPrecast (พรีคาสท์) หรือชิ้นส่วนคอนกรีตเสริมเหล็กสำเร็จรูปยังสามารถผลิตหรือหล่อสำเร็จได้ทั้งที่ไซต์ ซึ่งเรียกว่าแบบหล่อกับที่ (Site Cast) และหล่อจากโรงงาน (Plant Cast) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของลักษณะงานก่อสร้างเป็นหลัก ในบทความนี้เน้นจุดต่อแบบแห้ง (Dry Joint) จุดรอยต่อแบบแห้ง เป็นจุดรอยต่อที่เกิดจากการเชื่อมต่อวัสดุที่สามารถรับแรงต่างๆ ได้ทันที จุดรอยต่อแบบนี้ได้แก่ จุดรอยต่อแบบการใช้โบลท์ (Bolting) แบบการเชื่อม (Welding) จุดรอยต่อแบบนี้หลังจากทำงานเสร็จแล้ว จะทำการปิดจุดรอยต่อด้วยMortar อีพอกซี่ (Epoxy) วัสดุกันซึม วัสดุกันสนิม อย่างใดอย่างใดอย่างหนึ่ง ขึ้นอยู่กับการออกแบบ

การรวบรวมข้อมูลและการออกแบบในเบื้องต้นได้จัดเตรียมแบบสถาปัตย์เป็นโจทย์ในการออกแบบตามมาตรฐาน PCIโดยเน้นไปที่โครงสร้างเสา คาน และบันได เมื่อเสร็จแล้วจึงทำการออกแบบจุดต่อ แล้วทำการสร้างแบบสรุปออกมาเป็นองค์ความรู้ และบันทึกวิธีการออกแบบในรูปแบบคู่มือของการออกแบบชิ้นส่วนสำเร็จรูป ทั้งวิธีการออกแบบและรายละเอียดของแบบจุดต่อ ตัวอย่างของจุดต่อแสดง ซึ่งแสดงในรูปแบบจุดต่อทั้งแบบ 2 มิติและ 3 มิติ ดังภาพที่ 2 แสดงจุดต่อ คาน-เสา และเหล็กเสริม เพื่อให้เห็นรูปแบบของการเสริมเหล็กโดยใช้คอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยในการเขียนแบบและออกแบบ (CAD) โดยแบ่งออกเป็นระบบ 2 มิติและ 3 มิติ ในระบบ 2 มิติ เป็นการใช้ซอฟท์แวร์คอมพิวเตอร์ มาแทนการที่การเขียนแบบดั้งเดิมที่ใช้กระดาษและอุปกรณ์การเขียนแบบ กับซอฟท์แวร์ CAD ในระบบ 2 มิติ ยังคงใช้วิธีการเลียนแบบการเขียนแบบเดิม โดยใช้เครื่องมือ “กราฟิก” แบบเรขาคณิตสำหรับการสร้างรูป อันประกอบไปด้วย เส้นตรง เส้นโค้ง วงกลม และตัวหนังสือ เป็นต้น ในระบบ 3 มิติ โดยมีองค์ประกอบทางกราฟิกที่ซับซ้อนมากขึ้นจาก 2 มิติ ได้แก่ การประกอบกันของระนาบผิว (Surface) เป็นปริมาตรและวัตถุแบบทึบตัน (Solid) โดยสามารถแสดงผลในมุมมองต่าง ๆ รวมทั้งการใส่วัสดุและสร้างภาพที่มีความเหมือนจริง (Render) เพื่อใช้ในการนำเสนอได้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น

FreeCAD เป็นโปรแกรมสำหรับสร้างแบบจำลองสามมิติด้วยคอมพิวเตอร์ มีความสามารถในการส่งออกเป็นไฟล์ SVG และไฟล์ DXF ได้แต่คุณภาพที่ได้ออกมายังไม่ดีนัก ดังนั้นจะต้องเขียนคำสั่งควบคุมเองด้วยการศึกษาการสร้างไฟล์ DXF เองจากมาโครโดยใช้ภาษาไพธอนรุ่น 2.7 เป็นมาโครของโปรแกรม FreeCAD และศึกษาเปรียบเทียบการใช้งานคำสั่งการสร้างรูปทรงเรขาคณิตและวัตถุต่างๆตามมาตรฐานการแลกเปลี่ยนข้อมูลในงานเขียนแบบด้วยคอมพิวเตอร์เพื่อเป็นแนวทางการตัดสินใจเพื่อเลือกชุดไลบรารี่สำหรับงานสร้าง DXFด้วยภาษาไพธอน ไม่รวมถึงการเขียนแบบอัตโนมัติเพื่อให้ตัวแบบจำลองสามารถสร้างเอกสารได้ตามหลักการของ BIM ทางผู้ดำเนินการวิจัยจึงดำเนินการศึกษาเพื่อใช้งานไลบรารี่ภาษาไพธอนแล้วนำมาใช้งานร่วมกับโปรแกรม FreeCAD

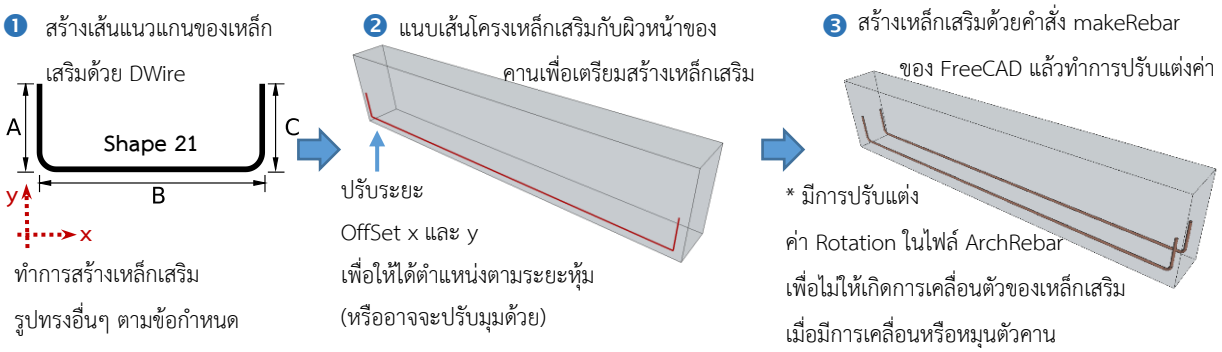


ภาพที่ 2 แสดงจุดต่อ คาน-เสา และเหล็กเสริม

4. วิธีดำเนินการวิจัย

การทดสอบการแสดงรายละเอียดจุดต่อชิ้นส่วนสำเร็จรูปแบบ 3 มิติโดยอาศัยโปรแกรม FreeCAD การวิจัยนี้ประกอบไปด้วยเครื่องมือและอุปกรณ์ดังต่อไปนี้ เครื่องคอมพิวเตอร์ OS Windows 10 (64 bit) และใช้โปรแกรมจำนวน 3 โปรแกรมอันประกอบไปด้วย โปรแกรม FreeCAD 0.17, โปรแกรม SketchUp 2018 และโปรแกรม BIM Vision 2.18

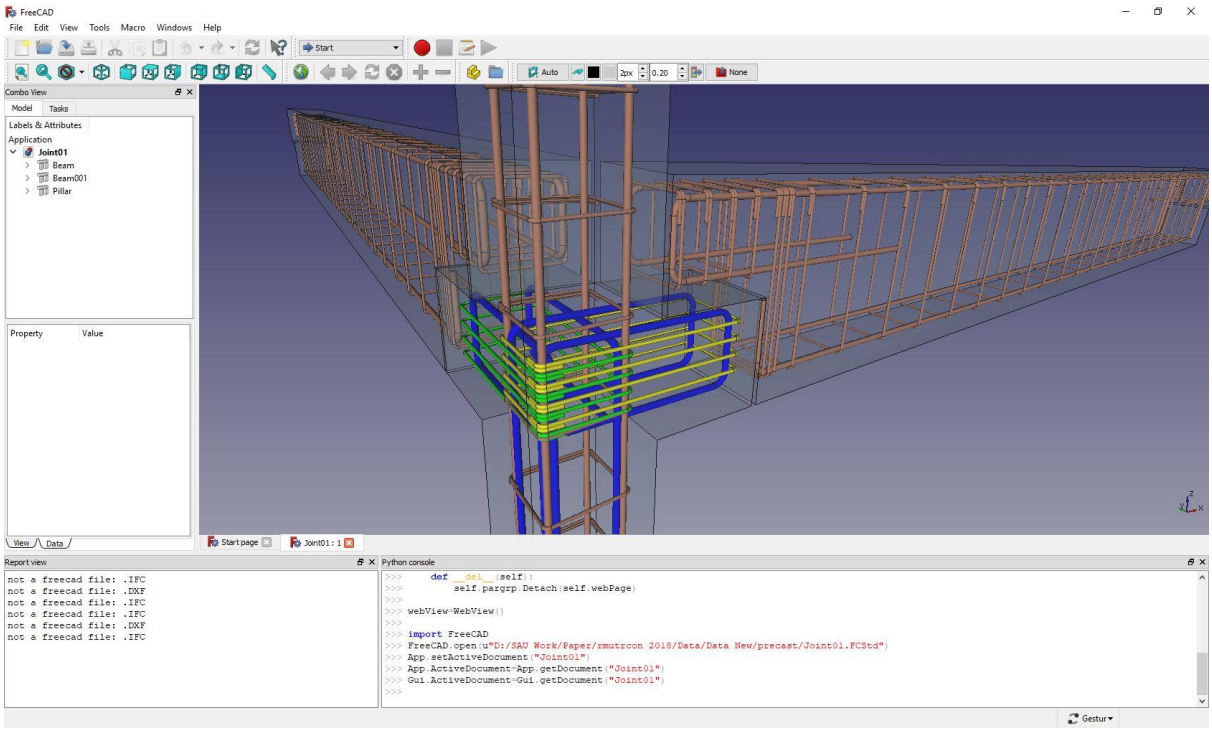
งานวิจัยนี้ใช้โปรแกรม FreeCAD สร้างรายละเอียดแบบจุดต่อแบบ 3 มิติ โดยใช้สคริปต์ไพธอนในโปรแกรม FreeCAD ช่วยในการสร้างชิ้นส่วนของเหล็กเสริมตัวอย่างของวิธีการสร้างดังแสดงในภาพที่ 3 ซึ่งโปรแกรมดังกล่าวอยู่ในกลุ่มโอเพนซอร์ส บันทึกไฟล์ในรูปแบบ .FCStd ไฟล์ นอกจากนี้โปรแกรมยังมีความสามารถในการส่งออกไฟล์ในรูปแบบ IFC ได้ เพื่อนำไปทดสอบเปิดในกับซอฟต์แวร์เชิงพาณิชย์ เช่นโปรแกรม SketchUp 2018 และโปรแกรม BIM Vision 2.18 เพื่อทดสอบความสมบูรณ์ของ IFC ไฟล์ที่ได้ทำการ Export ออกไปว่ามีความสมบูรณ์ตรงกับต้นฉบับที่เขียนโดยโปรแกรม FreeCAD ท้ายที่สุดนำไฟล์ที่ได้จากแต่ละโปรแกรมมาทำการเปรียบเทียบขนาดของไฟล์อีกด้วย



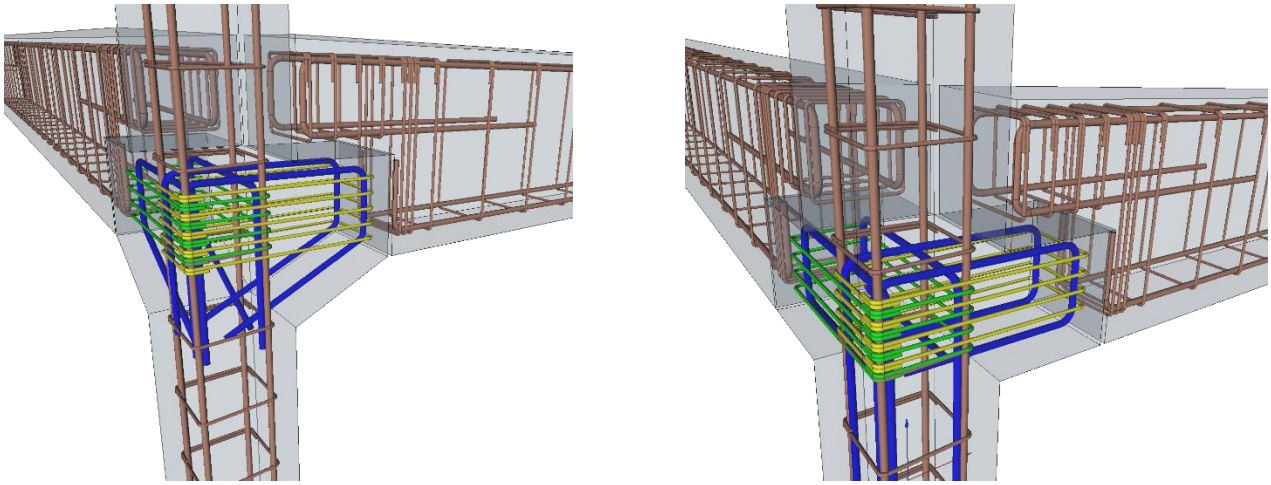
ภาพที่ 3 ขั้นตอนการติดตั้งเหล็กเสริมลงในแบบจำลองโครงสร้างคาน

5. ผลและวิจารณ์

ผลการทดสอบการสร้างชิ้นส่วนรอยต่อสำเร็จรูปโดยอาศัยสคริปต์ภาษาไพธอนซึ่งแนะนำวิธีการในภาพขั้นตอนที่ 3 ทำให้ได้รูปจุดแบบของจุดต่อสมบูรณ์ ดังแสดงผลการสร้างในภาพที่ 4 ให้ผลที่สวยงามและถูกต้องและเข้าใจง่ายตามที่ PCI ได้แนะนำไว้ในการออกแบบจุดต่อชิ้นส่วนสำเร็จรูปซึ่งมีรายละเอียดของการเสริมเหล็กและด้วยความสามารถของโปรแกรม FreeCAD ก็สามารถหมุนภาพแสดงในมุมมองต่าง ๆ เมื่อดูไม่เข้าใจหรือไม่ชัดเจน บทความนี้ได้ทดสอบการสร้างจุดต่อไว้หลายรูปแบบดังแสดงในในภาพที่ 5 ก และ ข มีรูปแบบหูช้างหรือแบบบ่ารับ แสดงผลในโปรแกรม FreeCAD



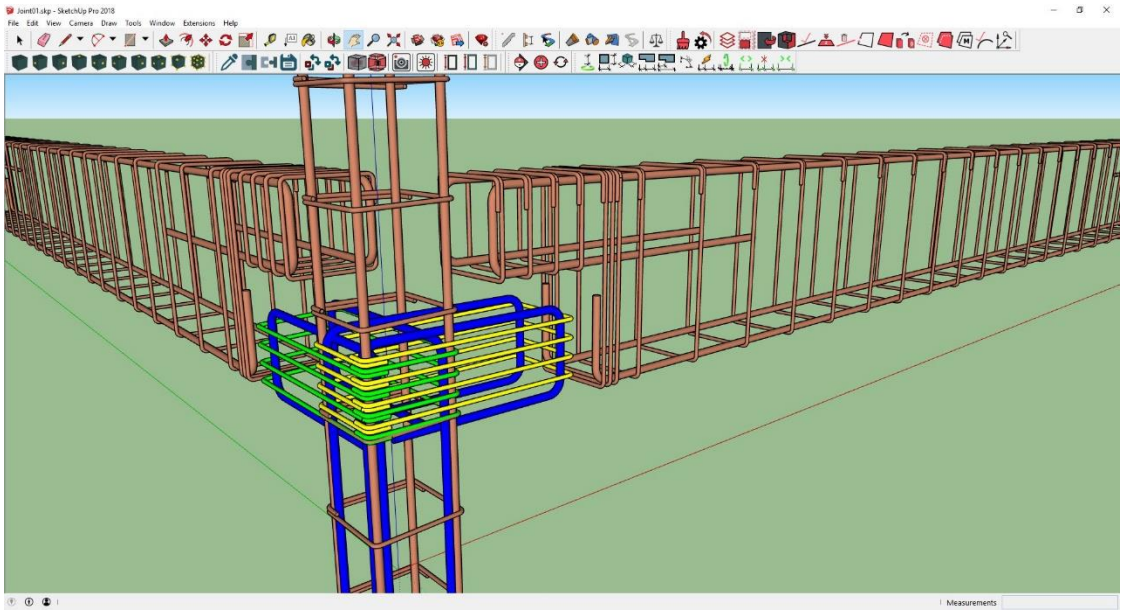
ภาพที่ 4 การแสดงจุดต่อในโปรแกรม FreeCAD โดยอาศัยไพธอนสคริปต์



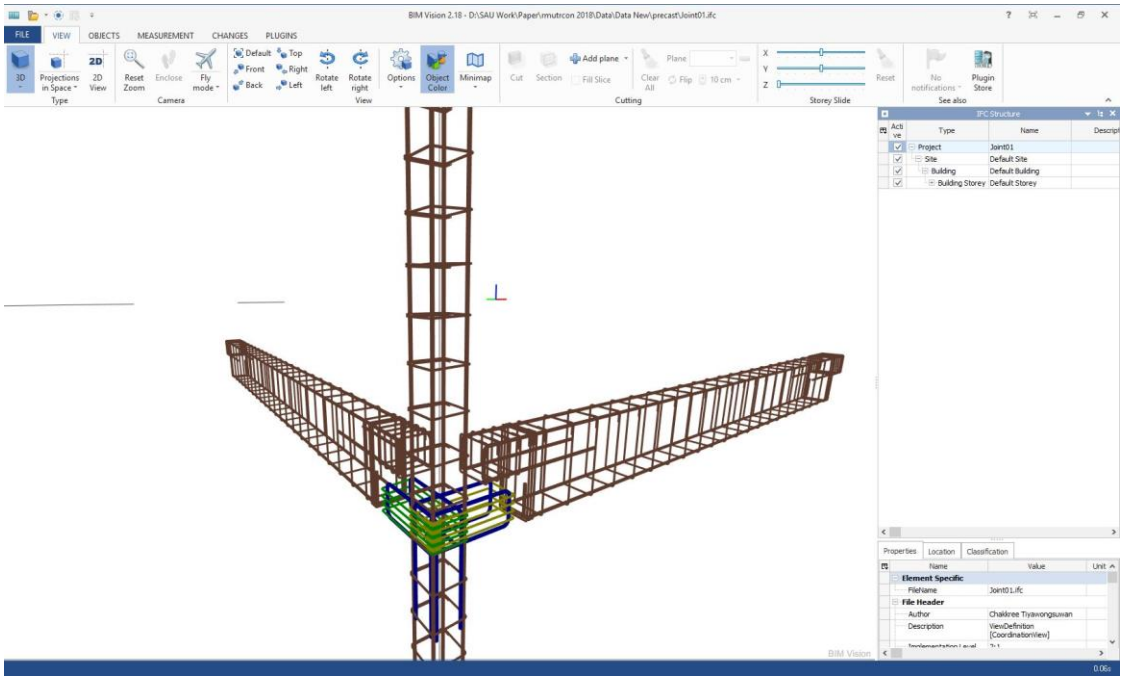
ก. จุดต่อชิ้นส่วนสำเร็จรูปแบบหูช้าง ข. จุดต่อชิ้นส่วนสำเร็จรูปแบบบ่ารับ

ภาพที่ 5 แสดงจุดต่อแบบต่าง ๆ

งานวิจัยนี้ยังได้ทำการทดสอบการแลกเปลี่ยนไฟล์ระหว่างซอฟต์แวร์โอเพนซอร์สกับซอฟต์แวร์เชิงพาณิชย์ โดยการทดสอบได้เลือกทดสอบการแลกเปลี่ยนไฟล์ระหว่าง โปรแกรม FreeCAD 0.17, โปรแกรม SketchUp 2018 และโปรแกรม BIM Vision 2.18 ดังที่กล่าวมาข้างต้นว่าในแต่ละโปรแกรมใช้ไฟล์งานแต่ละชนิดไม่เหมือนกัน คณะผู้วิจัยจึงได้เลือกไฟล์กลางคือ ifc ไฟล์ เป็นมาตรฐานไฟล์กลางที่ใช้ในงานด้าน BIM มาเป็นไฟล์ทดสอบ ซึ่งผลของการทดสอบแสดงในภาพที่ 6 และ ภาพที่ 7 พบว่าการส่งออกไฟล์แสดงผลไม่สมบูรณ์ ทั้ง 2 โปรแกรมโดยส่วนที่ขาดหายไปเป็นส่วนของชิ้นส่วนกรอบของชิ้นส่วนของคานและเสา โปรแกรมไม่สามารถแสดงผลได้ในส่วนนี้ ในขั้นตอนการสร้างแบบจำลองมีส่วนดังกล่าวแสดงผลอยู่ สามารถตรวจสอบได้จากต้นฉบับในภาพที่ 4 และ 5



ภาพที่ 6 การเปิดไฟล์ ifc ที่ได้จากการ export จากโปรแกรม FreeCAD และทำการบันทึกเป็นไฟล์ของ SketchUp 2018

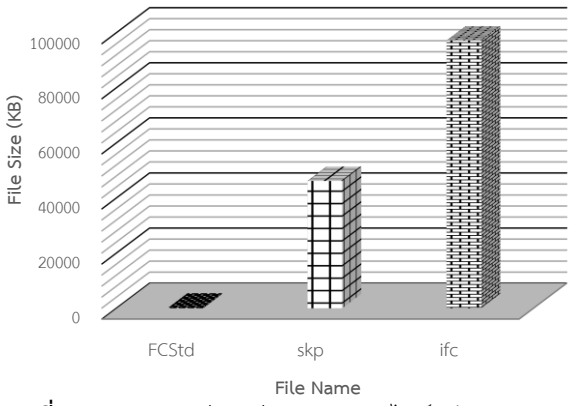


ภาพที่ 7 การเปิดไฟล์ ifc ที่ได้จากการ export จากโปรแกรม FreeCAD ในโปรแกรม BIM Vision 2.18

ตารางที่ 1 แสดงการเปรียบเทียบขนาดของไฟล์

File Name	Software	File Size (KB)
FCStd	FreeCAD 0.17	264
skp	SketchUP 2018	46207
ifc	BIM Vision 2.18	97198

หมายเหตุ ค่าจากตารางยกตัวอย่างจากไฟล์จุดต่อเพียงตัวอย่างเดียวเพื่อเป็นแนวทางเท่านั้น



แผนภาพที่ 1 แสดงการเปรียบเทียบขนาดของไฟล์แต่ละประเภท

จากผลการทดสอบในส่วนของการเปรียบเทียบขนาดของไฟล์แต่ละชนิด สามารถสรุปได้ว่า ขนาดของไฟล์ที่ถูกส่งออกเป็นไฟล์แบบ ifc จะมีขนาดใหญ่ขึ้นมากกว่าต้นฉบับที่ถูกเขียนขึ้นจากไฟล์ต้นฉบับของโปรแกรม FreeCAD ซึ่งมีขนาดเล็กมากเพียง 264 KB เมื่อเปิดไฟล์ ifc ในโปรแกรม SketchUP และทำการบันทึกให้อยู่ในรูปแบบไฟล์ skp ของโปรแกรม SketchUPเองกลับทำให้ไฟล์มีขนาดเล็กลงเพียงร้อยละ 47.52 ของต้นฉบับไฟล์แบบ ifc ที่ถูกส่งมาจาก FreeCAD ส่วนการแสดงผลของไฟล์ ifc ในโปรแกรมกลุ่ม BIM โปรแกรม BIM Vision สามารถทำได้หากแต่ไฟล์ ifc มีขนาดใหญ่และภาพที่ได้ก็ไม่สมบูรณ์

6. สรุปผล

จากผลการทดสอบสามารถสรุปได้ว่า แนวทางการใช้โปรแกรมโอเพนซอร์สสำหรับสร้างรายละเอียดแบบจุดต่อแบบ 3 มิตินี้มีความเป็นไปได้จะเห็นได้จากการทดสอบการแสดงรายละเอียดจุดต่อแบบต่าง ๆ ในโปรแกรม FreeCAD โดยอาศัยสคริปต์ภาษาไพธอนช่วยเขียน สามารถแสดงแบบได้ถูกต้องตรงกับไฟล์ต้นแบบ หากแต่ผู้ที่เขียนต้องเข้าใจค่าพิกัดได้ดีในระดับหนึ่ง นอกจากนี้โปรแกรมยังสามารถส่งออกไฟล์ ifc ซึ่งเป็นมาตรฐานไฟล์กลางของโปรแกรมกลุ่ม BIM ได้ แต่น่าเสียดายว่าในส่วนนี้โปรแกรมยังทำงานได้ไม่สมบูรณ์จึงทำให้รายละเอียดของแบบจำลองขาดความสมบูรณ์ต่างจากไฟล์ต้นแบบดังที่ได้กล่าวมาแล้วรวมถึงขนาดของไฟล์ที่ใหญ่เกินไปทำให้มีปัญหาในการส่งไฟล์ผ่านระบบออนไลน์ต่อไปในอนาคต ทำให้แนวทางในการที่จะก้าวเข้าสู่แบบก่อสร้างอิเล็กทรอนิคส์ทำได้ลำบากยิ่งขึ้น แต่ยังมีความน่าสนใจในด้านความสวยงามของแบบซึ่งไม่จำกัดอยู่ในกระดาษแค่เพียงแบบขาวดำอีกต่อไป รวมถึงการแสดงภาพในรูปแบบจำลอง 3 มิติ ซึ่งแสดงให้เห็นอย่างชัดเจนและสวยงามมากขึ้น หากสามารถลดข้อจำกัดในเรื่องขนาดของไฟล์ถ้าไม่ใหญ่มากเกินไป เมื่อประกอบกันเป็นทั้งระบบอาคารก็จะทำให้ไฟล์มีขนาดเพิ่มมากขึ้นอีกหลายเท่าตัว

7. กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบพระคุณ คุณย่าแปลก เหมือนปิ่ว และผู้ประเมินบทความ ซึ่งให้ข้อคิดเห็นและความรู้แก่ผู้เขียนบทความเป็นอย่างมาก ขอขอบคุณ ผศ.ดร. กุลธิดา บรรจงศิริ ที่ช่วยให้บทความนี้สมบูรณ์ขึ้น และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ ที่ได้ให้การสนับสนุนเงินทุนวิจัยประจำปีงบประมาณ 2558 และห้องปฏิบัติการวิจัย สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์ที่สนับสนุนพื้นที่สำหรับงานวิจัย บริษัทบีเอ็นเอ็นดีไซน์แอนด์คอนซัลแตนท์ จำกัดอนุเคราะห์โปรแกรม SketchUP 2018

8. บรรณานุกรม

จักรี ติยะวงศ์สุวรรณ (2559). การศึกษาการสร้างไฟล์ DXF ด้วยไลบรารี่ภาษาไพธอน, **การประชุมวิชาการระดับชาติสหวิทยาการเอเชียอาคเนย์ 2559 ครั้งที่ 3**, มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์ โรงแรมริชมอนด์ สไตล์ลิช คอนเวนชั่น นนทบุรี

จิรัฐิติ์ บรรจงศิริ, นิยม กิจหนองสรวง, ยุทธนา พลเสนา, วีระ โฆสิกุล, สมศักดิ์ ลาภเวที และสุขสันติ์ เคนทวาย (2559). แบบก่อสร้าง : มาตรฐาน การจัดทำ แนวทาง การปรับปรุงและพัฒนา, **SAU JOURNAL OF SCIENCE & TECHNOLOGY, Vol. 2, No. 1, January – June 2016**, หน้า 29 – 43.

จิรัฐิติ์ บรรจงศิริ และ บุญชัย เชิญเกียรติประดับ (2557). การศึกษาแนวทางการใช้โปรแกรมโอเพนซอร์สเพื่อสร้างแบบก่อสร้างอิเล็กทรอนิคส์, **การประชุมวิชาการสหวิทยาการเอเชียอาคเนย์ 2557** ,มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์ โรงแรมโฟร์วิงส์ กรุงเทพฯ.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา (2560). **การออกแบบชิ้นส่วนสำเร็จรูปโดยคำนึงถึงระบบประสานพิกัด**. https://precast.rmutl.ac.th/การออกแบบชิ้นส่วนสำเร็-2/ (14 มีนาคม 2561)

สำเนียง องสุพันธ์กุล, จักรี ติยะวงศ์สุวรรณ และจิรัฐิติ์ บรรจงศิริ (2553). การพัฒนาภาษาไพธอนสำหรับเขียนแบบก่อสร้างชิ้นส่วนโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก. **การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 3**, ศูนย์ประชุมสถาบันวิจัยจุฬาภรณ์ กรุงเทพฯ.

สำเนียง องสุพันธ์กุล, จิรัฐิติ์ บรรจงศิริและจักรี ติยะวงศ์สุวรรณ (2558). การออกแบบชิ้นส่วนและรอยต่อโครงสร้างคอนกรีตสำเร็จรูป. **รายงานวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์**.