การออกแบบและจำลองสถานการณ์เครื่องลำเลียงแบบปรับระยะความยาวตามการใช้งาน
Design and Simulation of Telescopic Belt Conveyor

พัตร์พิมล สุวรรณกาญจน์ ทนงศักดิ์ คงสินธุ์ และ เพ็ญญารัตน์ สายสิริรัตน์*
Patpimol Suwankan, Tanonongsak Kongsin and Penyarat Saisirirat*

ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมเครื่องกล วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800
*penyarat.s@cit.kmutnb.ac.th

บทคัดย่อ

ในการศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาเครื่องลำเลียงแบบปรับระยะความยาวตามการใช้งาน และสามารถปรับมุมองศาการขนถ่ายวัสดุให้เหมาะสมกับลักษณะการใช้งานที่แตกต่างกัน การขนถ่ายวัสดุในงานด้านอุตสาหกรรมจะช่วยลดต้นทุนค่าใช้จ่าย ค่าแรงงาน และช่วยให้มีความปลอดภัยในการทำงานมากยิ่งขึ้น โดยออกแบบเครื่องลำเลียงแบบปรับระยะความยาวตามการใช้งาน สามารถปรับระยะความยาวได้ 5-15 เมตร และทำมุมกับระดับพื้น 0-30 องศา ชุดโครงสร้างใช้วัสดุเหล็กแผ่นรีดร้อนเกรด SS400 สามารถรับความเค้นได้สูงสุดที่ 250 เมกะปาสคาล ความกว้างสายพาน 0.6 เมตร อัตราเร็วขนถ่าย 18-30 เมตรต่อนาที ในการศึกษาใช้โปรแกรม SolidWorks วาดขึ้นรูปชิ้นส่วนและคำนวณวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม ANSYS เพื่อตรวจสอบความแข็งแรงของชุดโครงสร้างที่มีผลกระทบกับน้ำหนักที่นำมาขนถ่ายวัสดุ ที่สามารถรับความเค้นได้สูงสุดที่ 250 เมกะปาสคาล โดยการจำลองการลำเลียงที่ระยะความยาว 5, 7.5, 10, 12.5 และ 15 เมตร ซึ่งสามารถปรับองศาได้ 4 ระดับ คือ 0, 10, 20 และ 30 องศา ผลการจำลองพบว่า สามารถรับน้ำหนักวัสดุได้ 50 กิโลกรัมต่อเมตร ที่ระยะความยาว 5-12.5 เมตร ในทุกระดับองศา และที่ความยาว 15 เมตร สามารถรับน้ำหนักได้ไม่เกิน 25 กิโลกรัมต่อเมตร ได้ทุกระดับองศา ทำให้เครื่องลำเลียงแบบปรับระยะความยาวใช้งานได้เหมาะสมที่สุด

คำสำคัญ: เครื่องลำเลียงแบบปรับระยะ, การวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์, ความปลอดภัยในการทำงาน

Abstract

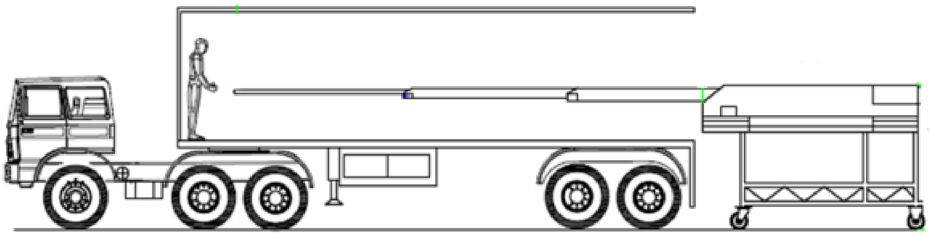
This study aimed to design and develop a telescopic conveyor. The length and angle were designed to fit with various kinds of industrial works to reduce expenditure, labor cost and enhance workplace safety. The length could be adjusted from 5-15 meters with 0-30° from the ground. The conveyor was designed by using Hot Rolling Steel SS400, which resists the stress of 250 MPa, with a width of 0.6 meter and speeds of 18-30 meters per minute. According to the study and calculation by using SolidWorks software to draw all of the parts and using ANSYS software to analysis. The conveyor structure's strength was able to resist the stress of 250 MPa. The experimental simulation of conveyor length 5, 7.5, 10, 12.5 and 15 meters can be adjusted in 4 levels as follow, 0, 10, 20, and 30 degrees. The result found that the telescopic conveyor was able to receive 50 kilograms per meter at the length of 5-12.5 meters at every angle. At 15 meters, the telescopic conveyor was able to take 25 kilograms per meter at every angle. Therefore, the designed telescopic conveyor is suitable to adjust with desired work.

Keywords: Telescopic conveyor, Finite Element Analysis, Work safety

1. บทนำ

ในเทคโนโลยีการลำเลียงแบบปรับระยะความยาวตามการใช้งานในโรงงานอุตสาหกรรมนั้น เป็นอีกหนึ่งปัจจัยสำคัญที่จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานโดยรวมของโรงงานอุตสาหกรรม โดยจะช่วยให้สามารถประหยัดพื้นที่ ประหยัดเวลาและลดจำนวนพนักงานในการลำเลียงผลิตภัณฑ์ เพราะเครื่องลำเลียงสามารถปรับระยะความยาวตามการใช้งานได้ ปรับมุมองศาของเครื่องลำเลียงและเคลื่อนย้ายได้ง่าย ทำให้เหมาะสมกับการใช้งานในลักษณะต่าง ๆ [1,2,3]

การลำเลียงสินค้าของบริษัท คอนเวย์แมชชีน จำกัด นั้นมีพื้นที่การใช้งานน้อยและพื้นที่จำกัดใช้อุปกรณ์ในการลำเลียงที่ไม่ถาวร เช่น ในตู้บรรจุสินค้าหรือรถบรรทุก เป็นต้น เครื่องลำเลียงที่มีอยู่นั้น ไม่สามารถปรับระยะความยาวได้ ปรับมุมองศาในการลำเลียงไม่ได้ เมื่อจะลำเลียงผลิตภัณฑ์ได้นั้น ต้องนำเครื่องลำเลียงหลายชุดมาประกอบเข้าด้วยกัน ทำให้บริษัทใช้เวลาในการลำเลียงค่อนข้างมากและมีต้นทุนในการผลิตอุปกรณ์ลำเลียงเหล่านี้ และจ้างพนักงานลำเลียงสินค้าสูง ดังแสดงในรูปที่ 1 [2,3] จากปัญหาดังกล่าว งานวิจัยนี้จึงได้ออกแบบเครื่องลำเลียงแบบปรับระยะความยาวตามการใช้งานเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการลำเลียงสินค้าและลดพื้นที่การใช้งานให้น้อยลง



รูปที่ 1 แสดงแผนผังกระบวนการของการลำเลียง

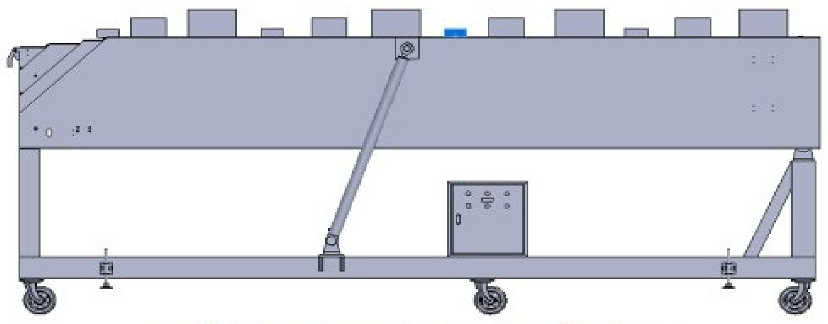
2. วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีดำเนินการวิจัย

ในขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย เพื่อวิเคราะห์การออกแบบที่เหมาะสมเครื่องลำเลียงแบบปรับระยะความยาวและสามารถลดต้นทุนในการผลิต ได้ประยุกต์ใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Analysis) ร่วมกับการออกแบบที่เหมาะสมที่สุด (Optimal Design) [1,3] ซึ่งเป็นทางเลือกหนึ่งในการวิเคราะห์ผลที่มีความรวดเร็ว ความแม่นยำ และไม่สิ้นเปลืองวัสดุที่นำมาใช้ในการทดสอบ

โดยขอบเขตการศึกษาออกแบบเครื่องลำเลียงแบบปรับระยะความยาวตามการใช้งานนี้มีความยาวต่ำสุด 5 เมตรและสูงสุด 15 เมตร โดยมีความสูง 2 เมตร กว้าง 0.6 เมตร สามารถรับน้ำหนักได้ไม่เกิน 50 กิโลกรัม/เมตร เครื่องลำเลียงที่ออกแบบเหมาะสำหรับกล่อง 3 ขนาดคือ

กล่องขนาดที่ 1 มีขนาด 0.14 m x 0.20 m x 0.06 m
กล่องขนาดที่ 2 มีขนาด 0.22 m x 0.35 m x 0.14 m
กล่องขนาดที่ 3 มีขนาด 0.30 m x 0.45 m x 0.20 m

มีอัตราการเคลื่อนที่ 18-30 เมตร/นาที สามารถปรับมุมขนถ่ายได้สูงสุด 30 องศาโดยใช้ระบบไฮดรอลิกใช้ Finite Element Analysis ในการวิเคราะห์โครงสร้างแต่ละจุดและชิ้นส่วนของเครื่องลำเลียงมีแนวความคิดในการออกแบบชุดลำเลียงแบบปรับระยะความยาวตามการใช้งานโดยใช้ชุดไฮดรอลิก ในการส่งกำลังการปรับเปลี่ยนองศาในการขนถ่ายตั้งแต่ (0-30 องศา) และใช้มอเตอร์ในการขับเคลื่อนสายพาน ซึ่งจัดได้ว่าเป็นเครื่องจักรที่มีความสามารถในการขนถ่ายลำเลียงวัสดุสะดวกสบายและประหยัดเวลาในการทำงาน โดยการขนถ่ายขณะปริมาณน้ำหนักสูงสุดแสดงได้ในรูปที่ 2



รูปที่ 2 ภาพการขนถ่ายขณะปริมาณน้ำหนักสูงสุด

คณะผู้วิจัยได้พิจารณาและกำหนดกรอบคุณลักษณะของกระบวนการต่าง ๆ ที่สำคัญในการออกแบบเพื่อใช้สำหรับออกแบบเครื่องลำเลียงแบบปรับระยะความยาวตามการใช้งานดังนี้

2.1 เครื่องลำเลียงผลิตภัณฑ์แบบปรับระยะความยาวตามการใช้งาน ทำจากวัสดุที่มีความแข็งแรงและสามารถรองรับน้ำหนักได้ตามที่กำหนด

2.2 เครื่องลำเลียงผลิตภัณฑ์แบบปรับระยะความยาวตามการใช้งานสามารถลำเลียงผลิตภัณฑ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.3 ชิ้นส่วนต่าง ๆ ของเครื่องลำเลียงผลิตภัณฑ์แบบปรับระยะความยาวตามการใช้งาน จะต้องถูกออกแบบมาเพื่อให้สามารถถอดประกอบได้ง่ายหากชิ้นส่วนเกิดความเสียหาย

ปริมาณที่ขนถ่ายได้มากที่สุดของกล่องทั้ง 3 ขนาด สามารถคำนวณได้ดังนี้ โดยสูตรการคำนวณอ้างอิงจาก [4,5,6]

$$Q_{st,max} = \frac{3600V}{LT_{min}} \tag{1}$$

เมื่อ $Q_{st,max}$	=	ปริมาณขนถ่ายสูงสุด
LTmin	=	ระยะห่างระหว่างกล่องขนถ่ายต่อชิ้น
V	=	ความเร็วในการขนถ่าย

จากสมการที่ (1)

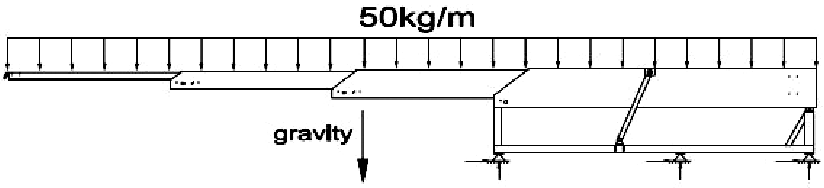
กล่องขนาดที่ 1	=	$Q_{st,max} = \frac{3600 \times 0.5}{0.14}$	=	12,857	ชิ้น/ชั่วโมง
กล่องขนาดที่ 2	=	$Q_{st,max} = \frac{3600 \times 0.5}{0.22}$	=	8,181	ชิ้น/ชั่วโมง
กล่องขนาดที่ 3	=	$Q_{st,max} = \frac{3600 \times 0.5}{0.3}$	=	6,000	ชิ้น/ชั่วโมง

3. ผลการทดลอง

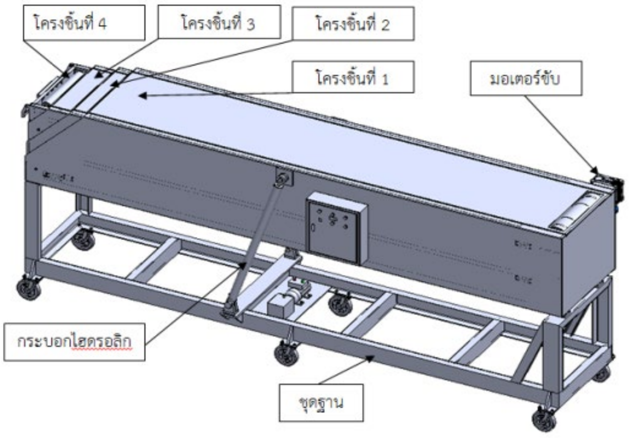
ผลการทดลองใช้โปรแกรม SolidWorks วาดขึ้นรูปชิ้นส่วนและคำนวณวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์ด้วยโปรแกรม ANSYS โดยนำชิ้นงานมาวิเคราะห์แรงที่กระทำกับชิ้นงานด้วยกระบวนการทางไฟไนต์เอลิเมนต์ ซึ่งผลการวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์จะมีค่าต่าง ๆ ที่ได้จากการวิเคราะห์ เช่น ความเค้นและค่าความปลอดภัยในการออกแบบตามที่แสดงไว้ดังรูปที่ 3

รูปที่ 3 แสดงกระบวนการการวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์

ซึ่งในการกำหนดแรงที่กระทำต่อชุดลำเลียงได้นำมาแสดงการรับน้ำหนักของแค่ละโครง โดยแต่ละจุดเป็นการจำลอง ค่าการรับภาระของชุดโครงด้วยค่าโหลด เท่ากับ 50 kg/m และให้รวมเป็นแรงที่กระทำต่อชุดโครง 750 kg ดังแสดงในรูปที่ 4 และในรูปที่ 5 แสดงเครื่องลำเลียงแบบปรับระยะความยาวตามการใช้งาน



รูปที่ 4 แสดงการรับน้ำหนัก



รูปที่ 5 แสดงเครื่องลำเลียงแบบปรับระยะความยาวตามการใช้งาน

จากการวิเคราะห์ผลโดยการใช้โปรแกรม ANSYS ผลที่ได้จากการวิเคราะห์การลำเลียงกล่องระยะความยาวที่ 15 เมตร ความเค้นของโครงสร้างเกิดขึ้นมากสุดในการลำเลียงกล่องขนาดที่ 2 ความลาดเอียง 30 องศา ค่าคือ 1271 MPa โดยเกิดขึ้นที่ชุด CONVEYOR SET 2 ค่าความเค้นน้อยสุดเกิดขึ้นในการลำเลียงกล่องขนาดที่ 2 ความลาดเอียง 0 องศา ค่าคือ 187 MPa ในระยะความยาวที่ 15 เมตร เมื่อความลาดเอียงมากกว่า 0 องศา มีความเสี่ยงในการลำเลียงกล่องน้ำหนัก 50 kg/m เพราะค่าความเค้นเกินกว่าที่กำหนดไว้ที่ 250 MPa จึงมีความจำเป็นต้องลดน้ำหนักเพื่อหาค่าที่เหมาะสมต่อการลำเลียงกล่องในระยะความยาวที่ 15 เมตร

จากการหาค่าน้ำหนักความเหมาะสมต่อการลำเลียงกล่องระยะความยาวที่ 15 เมตร ได้น้ำหนักในการลำเลียงกล่องคือ 25 kg/m ความเค้นของโครงสร้างเกิดขึ้นมากสุดในการลำเลียงกล่องขนาดที่ 1 ความลาดเอียง 20 องศา ค่าคือ 299.9 MPa โดยเกิดขึ้นที่ชุด CONVEYOR SET 3 และค่าความเค้นน้อยสุดเกิดขึ้นการลำเลียงกล่องขนาดที่ 3 ความลาดเอียง 0 องศา ค่าคือ b158 MPa จากค่าดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าระยะความยาวที่ 15 เมตร สามารถลำเลียงได้ทุกขนาดกล่องและองศาลาดเอียง

3.1 การวิเคราะห์ผล

จากการวิเคราะห์ผลโดยการใช้โปรแกรม ANSYS ผลที่ได้จากการวิเคราะห์การลำเลียงกล่องระยะความยาวที่ 15 เมตร ความเค้นของโครงสร้างเกิดขึ้นมากสุดในการลำเลียงกล่องขนาดที่ 2 ความลาดเอียง 30 องศา ค่าคือ 1271 MPa โดยเกิดขึ้นที่ชุด CONVEYOR SET 2 ค่าความเค้นน้อยสุดเกิดขึ้นในการลำเลียงกล่องขนาดที่ 2 ความลาดเอียง 0 องศา ค่าคือ 187 MPa ในระยะความยาวที่ 15 เมตร นี้สามารถลำเลียงได้ทุกขนาดกล่องความลาดเอียงที่ 0 องศา เมื่อความลาดเอียงมากกว่า 0 องศา มีความเสี่ยงในการลำเลียงกล่องน้ำหนัก 50 kg/m เพราะค่าความเค้นเกินกว่าที่กำหนดไว้ที่ 250 MPa จึงมีความจำเป็นต้องลดน้ำหนักเพื่อหาค่าที่เหมาะสมต่อการลำเลียงกล่องในระยะความยาวที่ 15 เมตร

โดยชุดโครงสร้างใช้วัสดุเหล็กแผ่นรีดร้อนเกรด SS400 โดย S ตัวแรก คือ STEEL และ S ตัวที่สอง คือ STRUCTURE คุณสมบัติทั่วไปของเหล็ก SS400 คือ ความหนาแน่น = 7860 kg/m^3 ยังส์โมดุลัสหรือโมดุลัสความยืดหยุ่น (Modulus of Elasticity) = 190 - 210 GPA ค่าต้านทานแรงดึง (Tensile Strength) หรือจุดประลัย (Ultimate Strength) = 400 - 510 MPa ค่าต้านแรงดึงจุดคราก (Yield Strength) = 205 - 245 MPa ค่าความแข็ง = 160 HB เป็นการทดสอบโดย Brinell Hardness Test คือการวัดความแข็งโดยอาศัยแรงกดคงที่กระทำกับลูกบอลเหล็กกล้าชุบแข็งลงบนผิวชิ้นงานทดสอบ ค่าความแข็งจะคำนวณจากแรงกดที่กระทำต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ผิว โดยพื้นที่ผิวมีลักษณะเป็นผิวโค้ง [7]

ตารางที่ 1 แสดงค่าความเค้นที่กระทำต่อโครงสร้างของอุปกรณ์ลำเลียงเมื่อได้ลำเลียงกล่องน้ำหนัก 50 kg/m จากค่าความเค้นในตารางได้แสดงถึงความปลอดภัยของโครงสร้างที่ไม่เกิดความเสียหายคือระยะความยาวที่ 5-12.5 เมตร ความเค้นอยู่ในค่าที่ยอมรับได้โดยไม่เกิน 250 MPa ซึ่งค่า Yield Stress ของวัสดุที่นำมาทำเป็นเหล็กเกรด SS400 จึงสามารถลำเลียงกล่องได้ทุกขนาดและองศาลาดเอียง แต่การลำเลียงกล่องในระยะความยาวที่ 15 เมตร ค่าความเค้นสูงสุดคือ 1271 MPa ซึ่งเกินกว่าค่าที่ยอมรับได้มีความเสี่ยงต่อโครงสร้างของอุปกรณ์ลำเลียงจึงมีความจำเป็นต้องลดปริมาตรน้ำหนักลดเพื่อหาค่าที่เหมาะสมต่อการลำเลียงกล่องในระยะความยาว 15 เมตร โดยค่าความเค้นที่กระทำต่อโครงสร้างต้องไม่เกิน 250 MPa จึงได้ค่าน้ำหนักในการลำเลียงกล่องคือ 25 kg/m ค่าความเค้นสูงสุดที่ได้คือ 249.9 MPa เป็นค่าที่ยอมรับได้ดังนั้นจึงสามารถลำเลียงกล่องได้ทุกขนาดและองศาลาดเอียง ซึ่งเป็นในกรณีที่การออกแบบต้องการใช้งานให้ได้รับโหลดสูงสุด โดยยังไม่ได้รวมค่าความปลอดภัยเข้าไปด้วย แต่โดยปกติแล้วในการออกแบบ จะใช้ค่าความปลอดภัยที่ 1.2 ขึ้นไป นั่นคือความเค้นสูงสุดที่ยอมให้เกิดขึ้นได้เมื่อใช้งานคือ 250/1.2 = 208 MPa

ตารางที่ 1 แสดงค่าความเค้นของโครงสร้างน้ำหนักกล่อง 50 kg/m

มุม / Stress (MPa)	0°	10°	20°	30°
L5,B1	22.27	79.17	63.94	75.27
L5,B2	25.59	85.82	62.74	74.21
L5,B3	24.48	83.38	67.22	61.9
L7.5,B1	46.2	120.6	82.2	81.5
L7.5,B2	46.57	104.26	91.86	77
L7.5,B3	47.4	83.6	78.45	130
L10,B1	91.66	180.57	178.1	156
L10,B2	90.05	175.6	146	129
L10,B3	64.63	173.36	169	159
L12.5,B1	119	232.5	154.7	171
L12.5,B2	65	170	179.3	174
L12.5,B3	113	158	148.6	204
L15,B1	210	421	391	738
L15,B2	187	294	327	1271
L15,B3	202	429	382	947

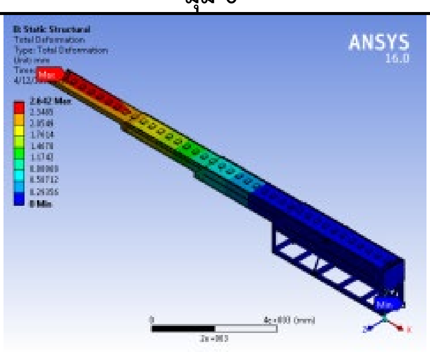
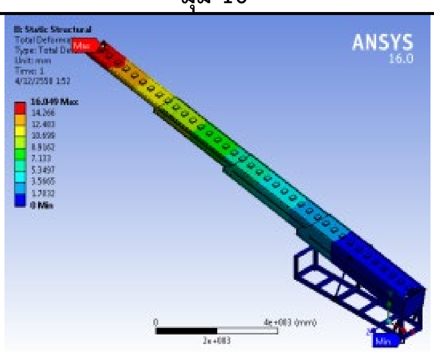
จากการหาค่าน้ำหนักความเหมาะสมต่อการลำเลียงกล่องในระยะความยาวที่ 15 เมตร จึงได้ค่าน้ำหนักในการลำเลียงกล่อง คือ 25 kg/m ความเค้นของโครงสร้างเกิดขึ้นมากสุดในการลำเลียงกล่องขนาดที่ 1 ความลาดเอียง 20 องศา ค่าคือ 299.9 MPa โดยเกิดขึ้นที่ชุด CONVEYOR SET 3 และค่าความเค้นน้อยสุดเกิดขึ้นในการลำเลียงกล่องขนาดที่ 3 ความลาดเอียง 0 องศา ค่าคือ 158 MPa จากค่าดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าการจำลองสถานการณ์ที่ระยะความยาว 15 เมตร สามารถลำเลียงได้ทุกขนาดกล่องและองศาลาดเอียง

ตารางที่ 2 แสดงค่าความเค้นของโครงสร้างน้ำหนักกล่อง 25 kg/m

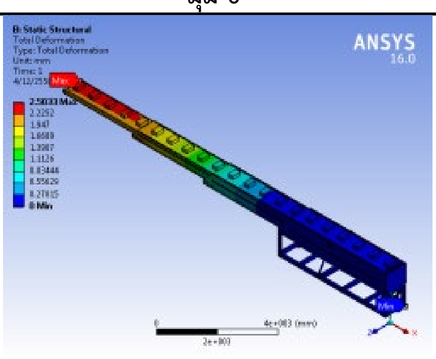
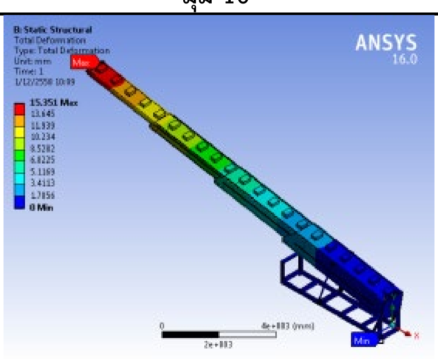
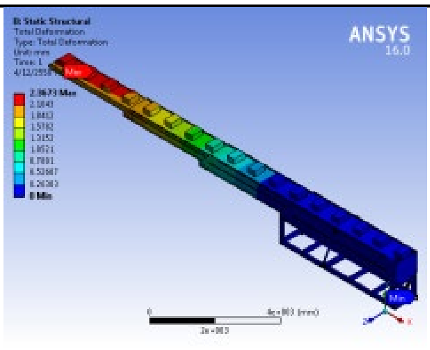
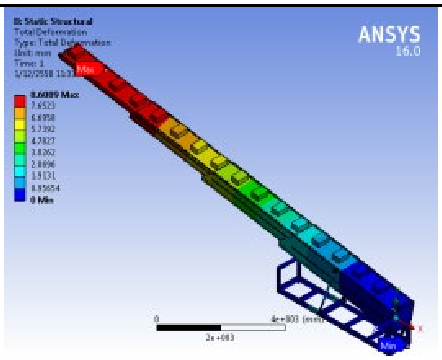
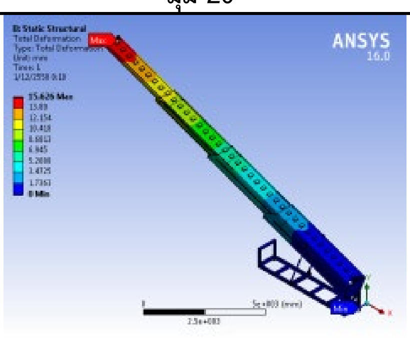
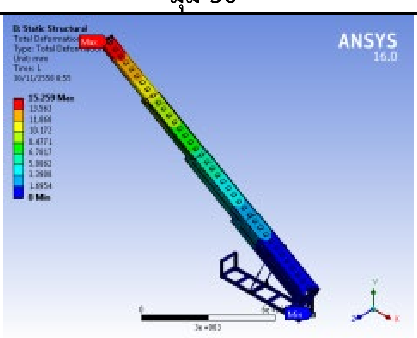
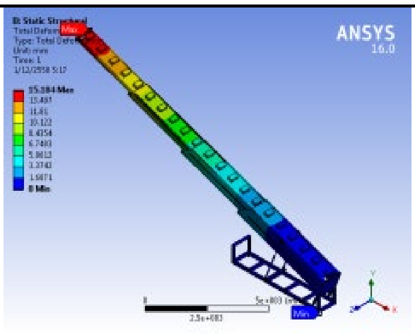
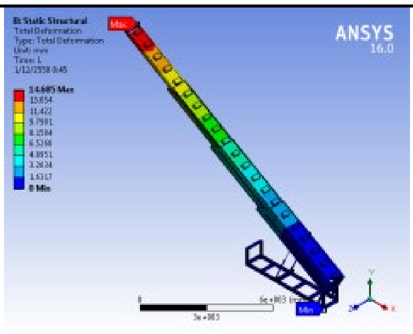
มุม / Stress (MPa)	0°	10°	20°	30°
L15,B1	179	249	250	241
L15,B2	172	245	244	234
L15,B3	158	176	174	159

ตารางที่ 2 แสดงค่าความเค้นของโครงสร้างน้ำหนักกล่อง 25 kg/m จากค่าความเค้นในตารางได้แสดงถึงความปลอดภัยของโครงสร้างที่ไม่เกิดความเสียหายที่ระยะความยาว 15 เมตร ความเค้นอยู่ในค่าที่ยอมรับได้โดยไม่เกิน 208 MPa ซึ่งเป็นค่า Yield Stress ของวัสดุที่นำมาทำเป็นเหล็กเกรด SS400 และได้ผ่านการคิดค่าความปลอดภัยที่ 1.2 มาแล้ว จึงสามารถลำเลียงกล่องได้ทุกขนาดที่องศาความลาดเอียง 0 องศา และ ขนาด B3 ที่องศาความลาดเอียง 10, 20 และ 30 องศา และตารางที่ 3 แสดงค่าการ Deformation หรือการเปลี่ยนรูปของวัสดุทั้งการยืดตัว หดตัว โก่งตัว และบิดตัวที่ความยาว L = 15 เมตร น้ำหนัก 25 กิโลกรัม ที่มุมองศาต่าง ๆ

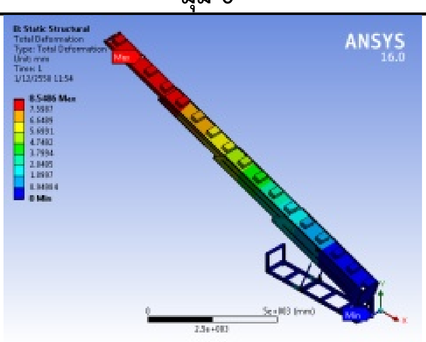
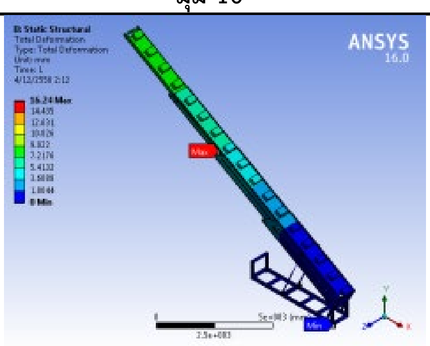
ตารางที่ 3 แสดงค่าการ Deformation หรือการเปลี่ยนรูปของวัสดุทั้งการยืดตัว หดตัว โก่งตัว และบิดตัว ที่ความยาว L = 15 เมตร 25 กิโลกรัม ที่มุมองศาต่าง ๆ

Deformation ที่ความยาว L = 15 เมตร 25 กิโลกรัม		
กล่อง	**มุม 0˚**	**มุม 10˚**
1		

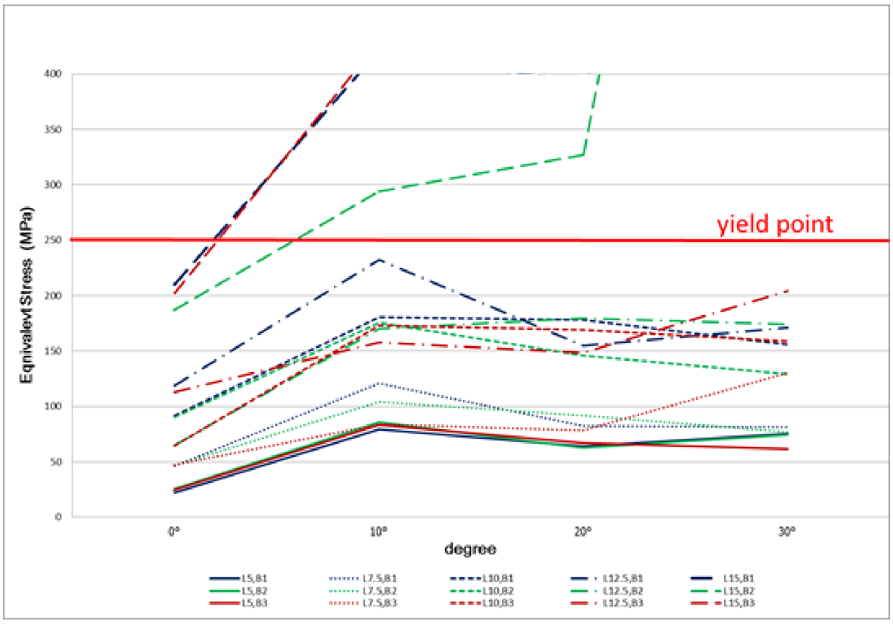
ตารางที่ 3 แสดงค่าการ Deformation หรือการเปลี่ยนรูปของวัสดุทั้งการยืดตัว หดตัว โก่งตัว และบิดตัว ที่ความยาว L = 15 เมตร 25 กิโลกรัม ที่มุมองศาต่าง ๆ (ต่อ)

Deformation ที่ความยาว L = 15 เมตร 25 กิโลกรัม		
กล่อง	มุม 0˚	มุม 10˚
2		
3		
Deformation ที่ความยาว L = 15 เมตร 25 กิโลกรัม		
กล่อง	มุม 20˚	มุม 30˚
1		
2		

ตารางที่ 3 แสดงค่าการ Deformation หรือการเปลี่ยนรูปของวัสดุทั้งการยืดตัว หดตัว โก่งตัว และบิดตัว ที่ความยาว L = 15 เมตร 25 กิโลกรัม ที่มุมมองศาต่าง ๆ (ต่อ)

Deformation ที่ความยาว L = 15 เมตร 25 กิโลกรัม		
กล่อง	**มุม 0˚**	**มุม 10˚**
3		

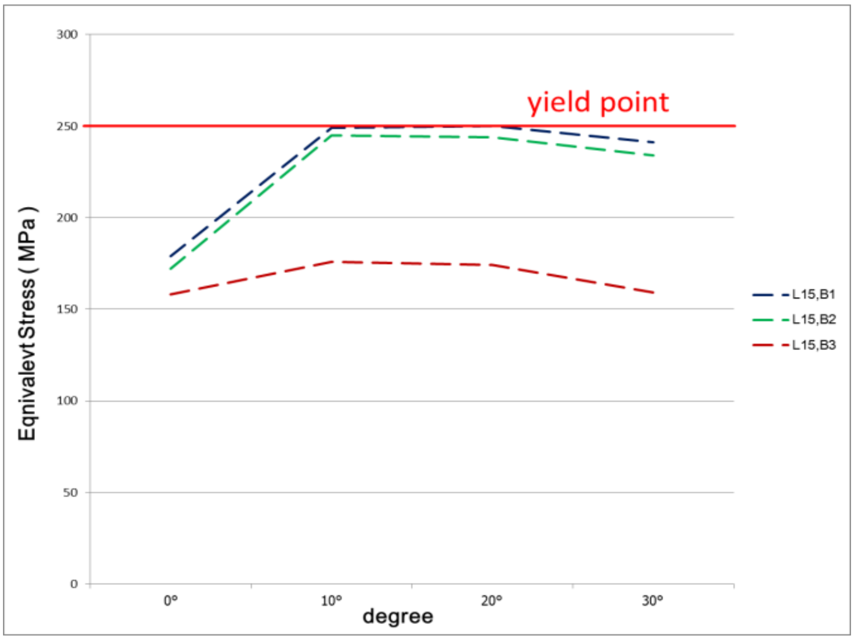
กราฟค่าความเค้นที่โครงสร้างรับน้ำหนักการลำเลียง 50 kg/m แสดงในรูปที่ 6 เมื่อดูจากกราฟเส้นสีแดงเป็นจุดคราก (Yield Point) ของวัสดุที่นำมาใช้เป็นโครงสร้างของเครื่องลำเลียงคือเหล็กรีดร้อน (SS400) ค่าความเค้นอยู่ที่ 250 MPa โดยกำหนดระยะความยาวที่ 5-15 เมตร ระดับองศา 0-30 องศา เมื่อดูจากกราฟเส้นค่าความเค้นที่ใต้เส้นสีแดง (Yield Point) คือ ระยะความยาวที่ 5-12.5 เมตร ระดับองศา 0-30 องศาและระยะความยาวที่ 15 เมตร ระดับองศา 0 องศา เส้นแสดงค่าความเค้นน้อยกว่า 250 MPa จึงเป็นค่าโครงสร้างเครื่องลำเลียงสามารถใช้งานลำเลียงได้ แต่ขณะเส้นค่าความเค้นที่อยู่เหนือเส้นสีแดง (Yield Point) หมายถึงค่าความเค้นเกินกว่า 250 MPa เป็นค่าที่มีความเสี่ยงต่อโครงสร้างเครื่องลำเลียงจึงมีความจำเป็นต้องลดน้ำหนักเพื่อหาค่าที่เหมาะสมต่อการลำเลียงกล่องในระยะความยาวที่ 15 เมตร ระดับมุมองศามากกว่า 0 องศา



รูปที่ 6 กราฟแสดงค่าความเค้นที่น้ำหนักกล่องลำเลียงที่ 50 kg/m

จากการหาค่าน้ำหนักความเหมาะสมต่อการลำเลียงกล่องที่ระยะความยาว 15 เมตร ระดับองศา 0-30 องศา จึงได้ค่าน้ำหนักในการลำเลียงกล่องที่ 25 kg/m จากรูปที่ 7 แสดงกราฟค่าความเค้นที่โครงสร้างรับน้ำหนักการลำเลียง 25 kg/m เมื่อดูจากกราฟเส้นสีแดงเป็นจุดคราก (Yield Point) ของวัสดุที่นำมาใช้เป็นโครงสร้างของเครื่องลำเลียงคือเหล็กรีดร้อน (SS400)

ค่าความเค้นอยู่ที่ 250 MPa จากกราฟ เส้นค่าความเค้นอยู่ใต้เส้นสีแดง (Yield Point) ทั้งหมดหมายถึงค่าความเค้นที่น้อยกว่า 250 MPa จะเป็นค่าที่โครงสร้างเครื่องลำเลียงสามารถใช้งานลำเลียงได้



รูปที่ 7 กราฟแสดงค่าความเค้นที่น้ำหนักกล่องลำเลียงที่ 25 kg/m

สรุปผลการจำลองสถานการณ์การโก่งตัว (Deflection) การลำเลียงกล่องระยะความยาวที่ 15 เมตร การโก่งตัวของโครงสร้างมากสุดที่การลำเลียงกล่องขนาดที่ 2 ความลาดเอียง 30 องศาโดยโก่งตัวไป 91.97 มิลลิเมตร โดยเกิดขึ้นที่โครงสร้าง CONVEYOR SET 1 และค่าการโก่งตัวน้อยสุดที่การลำเลียงกล่องขนาดที่ 1 ความลาดเอียง 0 องศาโดยโก่งตัวไป 32 มิลลิเมตร จากค่าที่แสดงดังกล่าวเกินกว่าค่าที่สามารถยอมรับได้แสดงให้เห็นว่าระยะความยาวที่ 15 เมตร สามารถลำเลียงได้ทุกขนาดกล่อง ความลาดเอียงที่ 0 องศา ความเสี่ยงในการลำเลียงกล่องน้ำหนัก 50 kg/m จึงมีความจำเป็นต้องลดน้ำหนักเพื่อหาค่าที่เหมาะสมต่อการลำเลียงกล่องในระยะความยาวที่ 15 เมตร

จากการหาค่าน้ำหนักความเหมาะสมต่อการลำเลียงกล่องในระยะความยาวที่ 15 เมตร จึงได้ค่าน้ำหนักในการลำเลียงกล่อง คือ 25 kg/m การโก่งตัวของโครงสร้างมากสุดที่การลำเลียงกล่องขนาดที่ 3 ความลาดเอียง 30 องศา โดยโก่งตัวไป 16.2 มิลลิเมตร โดยเกิดขึ้นที่โครงสร้าง CONVEYOR SET 2 จากค่าดังกล่าวอยู่ในช่วงที่สามารถยอมรับได้ แสดงให้เห็นว่าระยะความยาวที่ 15 เมตร สามารถลำเลียงได้ทุกขนาดกล่องและองศาลาดเอียง ซึ่งในกรณีของรูปที่ 6 และ 7 เป็นในกรณีที่การออกแบบต้องการใช้งานให้ได้รับโหลดสูงสุดโดยยังไม่ได้รวมค่าความปลอดภัย ซึ่งถ้าเมื่อรวมค่าความปลอดภัยที่ใช้คือ 1.2 ความเค้นสูงสุดที่ยอมให้เกิดขึ้นได้เมื่อใช้งานคือ 208 MPa หรือค่า yield point จะคิดที่ 208 MPa

4. สรุปผล

โครงสร้างอุปกรณ์ลำเลียงที่ทำจากเหล็กรีดร้อน SS400 เมื่อได้ลำเลียงกล่องน้ำหนัก 50 kg/m เมื่อดูจากค่าในตารางโครงสร้างได้เกิดการโก่งตัวแต่อยู่ในค่าที่สามารถยอมรับได้โดยไม่เกิดความเสียหายเมื่อเทียบกับค่าความเค้นไม่เกิน 250 MPa ซึ่งเป็นในกรณีที่การออกแบบต้องการใช้งานให้ได้รับโหลดสูงสุดโดยยังไม่ได้รวมค่าความปลอดภัย (เมื่อรวมค่าความปลอดภัยที่ใช้คือ 1.2 ความเค้นสูงสุดที่ยอมให้เกิดขึ้นได้เมื่อใช้งานคือ 250/1.2 = 208 MPa) โดยในการออกแบบคือระยะความยาวที่ 5-12.5 เมตร จึงสามารถลำเลียงกล่องได้ทุกขนาดและองศาลาดเอียง แต่การลำเลียงกล่องในระยะความยาวที่ 15 เมตร ค่าการโก่งตัวของโครงสร้างมากกว่าที่ยอมรับได้เมื่อเทียบกับค่าความเค้นเกินกว่า 208 MPa มีความเสี่ยงต่อโครงสร้างของอุปกรณ์ลำเลียงจึงมีความจำเป็นต้องลดน้ำหนักลง เพื่อหาค่าที่เหมาะสมต่อการลำเลียงกล่องในระยะความยาว 15 เมตร โดยเทียบกับค่าความเค้นที่กระทำต่อโครงสร้างต้องไม่เกิน 208 MPa จึงได้ค่าน้ำหนักในการลำเลียงกล่องคือ 25 kg/m เมื่อดูจากค่าใน

ตารางการโก่งตัวของโครงสร้างเป็นค่าที่ยอมรับได้ ดังนั้นจึงสามารถลำเลียงกล่องได้ทุกขนาดที่องศาความลาดเอียง 0 องศา และ ขนาดกล่อง B3 ที่องศาความลาดเอียง 10 องศา 20 องศา และ 30 องศา

5. เอกสารอ้างอิง

[1] กมลชนก ประสาททอง, 2556, การออกแบบตะขอยกสำหรับภาระขนาด 2 ตันโดยใช้วิธีการออกแบบที่เหมาะสมร่วมกับวิธีการให้น้ำหนักความสำคัญ,ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิตภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลวิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

[2] ชัชวาล พันธ์เครือบุตรและ ชานนท์ ภูเด่นไสย, 2537, สายพานลำเลียงแบบปรับความยาวได้ สายพานลำเลียงชนิดปรับความยาวได้, ภาควิชาเทคโนโลยีขนถ่ายวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

[3] ธนูศิลป์ ลิ้มทอง, 2554, การศึกษาการออกแบบสายพานลำเลียงที่เหมาะสม, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการและการจัดการ มหาวิทยาลัยศิลปากร.

[4] รัฐกร ไล่เซ่ง, 2548, การออกแบบสายพานลำเลียงแบบปรับระยะทางการขนถ่ายได้, ภาควิชาเทคโนโลยีขนถ่ายวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

[5] วรวิทย์ ปู่ชิตากรและคณะ, 2534, อุปกรณ์ขนถ่ายวัสดุต่างที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม, ภาควิชาเทคโนโลยีขนถ่ายวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

[6] เสรี มะลิขาว และบวร ปัญญาแก้ว, 2537, การออกแบบและสร้างสายพานลำเลียงแบบปรับความชันได้, ภาควิชาเทคโนโลยีขนถ่ายวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

[7] บริษัท เอไพร์มพลัส จำกัด, 2565, เหล็กเกรด-ss400, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา https://www.aprimeplus.com/post/เหล็กเกรด-ss400-what-is-ss400-mean, เข้าดูเมื่อวันที่ 24/04/2565.