

บทที่ 2

หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในการประยุกต์ระบบส่งกำลังของรถไถเดินตามสำหรับการพัฒนาแทรกเตอร์ 4 ล้อ ขนาดเล็ก ได้ทำการศึกษาข้อมูลจากเอกสารตำราต่างๆ เพื่อที่จะนำหลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องมาใช้ประกอบโดยจะกล่าวในหัวข้อดังต่อไปนี้

2.1 รถแทรกเตอร์

รถแทรกเตอร์เป็นเครื่องจักรกลที่สำคัญต่องานเกษตรกรรม โดยทำหน้าที่เป็นต้นกำลังของอุปกรณ์เตรียมดิน เครื่องปลูก เครื่องมืออารักขาพืช รวมถึงเครื่องเก็บเกี่ยวผลผลิต การใช้เครื่องจักรกลในการเกษตร รถแทรกเตอร์แบ่งตามชนิดล้อ สามารถแบ่งได้ 3 แบบ

2.1.1 รถแทรกเตอร์ล้อตะขาบ(Track laying tractor)

รถแทรกเตอร์ดินตะขาบเป็นเครื่องจักรกลที่เปลี่ยนกำลังของเครื่องยนต์ให้เป็นกำลังขับเคลื่อนโดยส่งกำลังจากเครื่องยนต์ไปหมุนล้อเฟือง (sprocket) เพื่อไปขับเคลื่อนสายพานดินตะขาบให้เคลื่อนที่ไปและทำให้แผ่นดินตะขาบซึ่งติดอยู่กับสายพานดินตะขาบตะกုပ်บนพื้นทำให้ตัวรถเคลื่อนที่ไปขนาดของรถแทรกเตอร์ดินตะขาบนิยมกำหนดด้วยน้ำหนักของตัวรถและกำลังของเครื่องยนต์ซึ่งน้ำหนักของตัวรถจะมีตั้งแต่ขนาดเล็กคือประมาณ 3 ตันจนถึงขนาดใหญ่สุดมีน้ำหนักถึงประมาณ 80 ตันส่วนกำลังของเครื่องยนต์จะมีกำลังตั้งแต่ประมาณ 40 แรงม้าจนถึงประมาณ 700 แรงม้าสำหรับสมรรถนะของรถแทรกเตอร์ดินตะขาบจะกำหนดโดยแรงฉุดลาก (drawbar pull) ที่รถแทรกเตอร์สามารถทำได้ที่ความเร็วในการเคลื่อนที่



รูปที่ 2.1 รถแทรกเตอร์ล้อตะขาบ

ที่มา : en.wikipedia.org/wiki/Continuous_track

2.1.2 รถแทรกเตอร์แบบกึ่งล้อตะขาบ(Semi crawler type tractor)

รถแทรกเตอร์แบบกึ่งดินตะขาบเป็นรถที่ดัดแปลงจากแบบล้อขับ โดยติดตั้งดินตะขาบเฉพาะส่วนที่เป็นล้อหลัง การผสมผสานกันระหว่างแบบล้อกับแบบดินตะขาบ ทำให้สมรรถนะด้านการขุดลากสูงกว่าแบบล้อ และมีความคล่องตัวในการทำงานดีกว่าแบบดินตะขาบ อย่างไรก็ตาม รถแทรกเตอร์ชนิดนี้มีราคาค่อนข้างสูง และผู้ซื้อต้องสั่งทำพิเศษจากโรงงาน จึงไม่เป็นที่นิยมมากนัก



รูปที่ 2.2 รถแทรกเตอร์แบบกึ่งล้อตะขาบ

ที่มา : unusuallocomotion.com/pages/museums

2.1.3 รถแทรกเตอร์แบบล้อ (Wheel type tractor)

รถแทรกเตอร์แบบล้อเป็นที่นิยมใช้ในงานเกษตรอย่างแพร่หลายรถแทรกเตอร์ล้อ ยางจะมีทั้งแบบขับเคลื่อนทั้ง 4 ล้อ(4-wheel type) และขับเคลื่อน 2 ล้อ (2-wheel type) ส่วนแบบของระบบการเลี้ยวจะมีทั้งแบบเลี้ยวล้อ แบบเลี้ยวโดยหักลำตัว



รูปที่ 2.3 รถแทรกเตอร์แบบล้อ

ที่มา : en.wikipedia.org/wiki/Continuous_track

2.2 โครงสร้างรถแทรกเตอร์

โครงสร้าง(frame)ถูกออกแบบมาให้สามารถรองรับส่วนประกอบหรือระบบต่างๆของโครงรถและตัวถังได้อย่างแข็งแรงและรักษาให้ส่วนประกอบหรือระบบต่างๆเหล่านั้นอยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้องได้อย่างมั่นคง โครงสร้างจะต้องมีน้ำหนักเบา แต่ต้องแข็งแรงเพียงพอที่จะรับน้ำหนักและภาระของยานยนต์ได้โดยไม่ทำให้เกิดการบิดเบี้ยวผิดรูปร่าง โครงสร้างจะต้องแข็งแรงมากพอที่จะปกป้องระบบต่างๆให้ปลอดภัยจะแรงต่างๆที่กระทำกับมันด้วย วัสดุที่นิยมใช้ทำโครงสร้างโดยทั่วไปคือเหล็กกล้ารีดเย็น แต่บางครั้งเหล็กกล้าผสมที่ผ่านกรรมวิธีทางความร้อนก็มาใช้ในการทำโครงสร้างด้วย เพื่อให้ได้ความแข็งแรงเท่ากัน แต่มีน้ำหนักน้อยกว่าเพื่อให้โครงสร้างแข็งแรงและเบา เหล็กที่ใช้โครงสร้างจึงมักจะเป็นเหล็กแผ่นที่ถูกอัดขึ้นรูปเป็นเหล็กรางรถบรรทุกขนาดใหญ่บางครั้งจะใช้โครงสร้างที่ทำจากเหล็กคานที่มีหน้าตัดเป็นรูปตัว I หรือหน้าตัดรูปอื่นๆได้แสดงตัวอย่างรูปร่างของโครงยานยนต์แบบหนึ่งไว้



รูปที่ 2.4 โครงสร้างรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก

ที่มา : www.kasetporprang.com

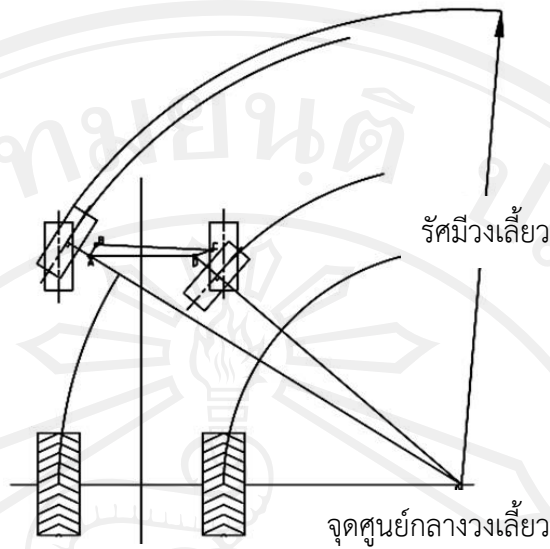
2.3 ระบบบังคับเลี้ยว

หน้าที่ของระบบบังคับเลี้ยวคือเปลี่ยนทิศทางการเคลื่อนที่จากพวงมาลัยในแนวรัศมีไปเป็นการเคลื่อนที่ในแนวระนาบของคันชักคันส่งเพื่อเปลี่ยนทิศทางการเลี้ยวของล้อ นอกจากนี้ระบบเลี้ยวควรจะมีการทดแรงให้มีการได้เปรียบเชิงกลเพื่อให้คนขับไม่ต้องออกแรงมากส่วนประกอบหลักสำคัญของระบบเลี้ยวประกอบด้วย

- พวงมาลัย(Steering Wheel)
- แกนพวงมาลัย(Steering Shaft)
- เฟืองพวงมาลัย(Steering Gear)
- คันชักคันส่ง(Linkage Element)

ความสามารถในการเลี้ยวของรถแทรกเตอร์นั้น จะเป็นองค์ประกอบอีกตัวหนึ่งที่มีผลทำให้ประสิทธิภาพในการทำงานของรถแทรกเตอร์เพิ่มขึ้นหรือลดลง ถ้าวงเลี้ยวของรถแทรกเตอร์แคบจะทำให้การปฏิบัติงานในไร่ ในสวน ทำได้รวดเร็วและสูญเสียในการเลี้ยวกลับหัวงานน้อย แต่ถ้าวงเลี้ยวของรถแทรกเตอร์กว้างจะทำให้การปฏิบัติงานในไร่ล่าช้าลงและสูญเสียเวลาในการเลี้ยวกลับหัวงานมากขึ้น แต่อย่างไรก็ตามความสามารถในการเลี้ยวไม่ได้ขึ้นอยู่กับรถแทรกเตอร์เพียงอย่างเดียว ยังขึ้นอยู่กับความสามารถและความชำนาญของผู้ปฏิบัติงานอีกด้วย

ระบบบังคับเลี้ยวแบบนี้ต่างจากระบบบังคับเลี้ยวแบบอื่นๆ คือขณะเลี้ยวเพลาล้อหน้าจะไม่เคลื่อนที่ไปทั้งแกน จะมีเฉพาะชิ้นส่วนด้านนอกของสลักเกลียวเท่านั้นที่เคลื่อนที่ โดยการบังคับของชิ้นส่วนที่ต่อมายังพวงมาลัย



รูปที่ 2.5 การเลี้ยวแบบแอกเคอร์มัน^[7]

2.3.1 ระบบการเลี้ยวแบบนี้ยังแบ่งออกได้เป็น 2 แบบ ด้วยกัน

1) ระบบการเลี้ยวแบบ Manual

ระบบการเลี้ยวแบบนี้นิยมใช้กันโดยทั่วไปกับรถแทรกเตอร์รุ่นต่างๆ และรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก การหันเลี้ยวที่เกิดขึ้นจะเกิดการออกแรงของคนขับโดยตรงแต่เพียงอย่างเดียวเท่านั้น โดยไม่มีพลังงานจากที่อื่นมาช่วยผ่อนแรง

2) ระบบการเลี้ยวแบบ Power

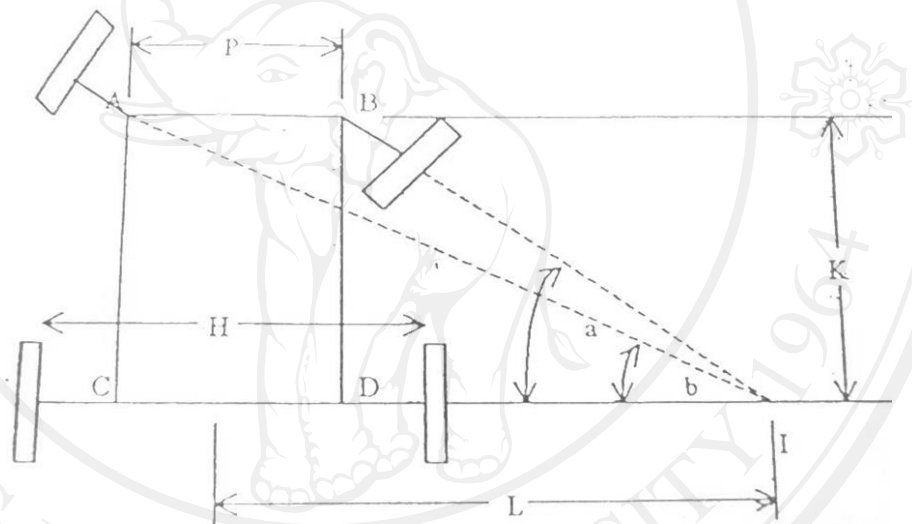
ระบบการเลี้ยวแบบนี้ จะใช้พลังงานจากแหล่งอื่นมาช่วยผ่อนแรงในการหันเลี้ยวให้เหลือน้อยที่สุด พลังงานที่ใช้กันโดยทั่วไปได้มาจากอากาศ และของเหลวพลังงานที่ได้มาจากของเหลว นิยมใช้กันมากทั้งในรถยนต์และรถแทรกเตอร์ในปัจจุบัน

ความสัมพันธ์ของมุมเลี้ยวและระยะความกว้างของส่วนต่างๆ

$$\cot a = [(L - (0.5P) / K)] \quad (2.1)$$

$$\cot b = [(L + (0.5P) / K)] \quad (2.2)$$

$$\cot a - \cot b = \frac{P}{K} \quad (2.3)$$



รูปที่ 2.6 ความสัมพันธ์ของมุมเลี้ยวกับระยะต่างๆ^[7]

โดยที่

P คือ ความกว้างของสลักล้อน้ำ (mm)

K คือ ความยาวของช่วงล้อน้ำถึงล้อน้ำหลัง (mm)

T คือ ความกว้างของช่วงล้อน้ำ (mm)

H คือ ความกว้างของช่วงล้อน้ำหลัง (mm)

L คือ ระยะจากกึ่งกลางที่เพลาลงถึงจุดกึ่งกลางของการเลี้ยว (mm)

a คือ มุมเลี้ยวของล้อน้ำด้านใน (องศา)

b คือ มุมเลี้ยวของล้อด้านนอก

(องศา)

รัศมีการเลี้ยวของล้อหน้าล้อใน

$$R = K \operatorname{cosec} a - d = K \operatorname{cosec} a + 0.5(T - P) \quad (2.4)$$

รัศมีการเลี้ยวของล้อหน้าล้อนอก

$$R = K \operatorname{cosec} b + d = K \operatorname{cosec} b + 0.5(T - P) \quad (2.5)$$

รัศมีการเลี้ยวของล้อหลังล้อใน

$$L - 0.5H = K \cot a + 0.5P - 0.5H = K \cot a - 0.5(H - P) \quad (2.6)$$

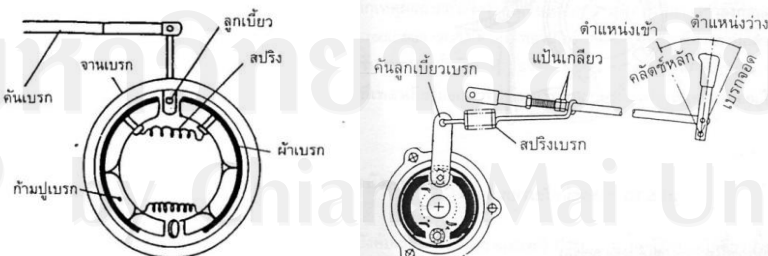
รัศมีการเลี้ยวของล้อหลังล้อนอก

$$L + 0.5H = K \cot a + 0.5P + 0.5H = K \cot a + 0.5(T + P) \quad (2.7)$$

2.4 ระบบเบรกรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก

เบรก (Brake) สามารถแบ่งตามวัตถุประสงค์การใช้งานออกเป็นเบรกสำหรับจอดและเบรกสำหรับการขับเคลื่อนที่ เบรกของรถแทรกเตอร์ใช้งานได้ทั้งสองวัตถุประสงค์ แต่สำหรับรถไถเดินตามเบรกมีไว้เพื่อการจอดอย่างเดียวเบรกแบ่งได้ 3 ชนิดตามวิธีการเบรกและแรงที่ใช้ในการเบรกดังนี้

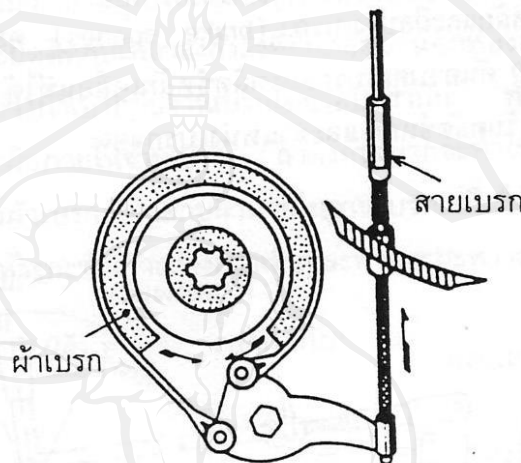
2.4.1 เบรกชนิดขยายใน (Internal Expansion type Brake) เบรกชนิดนี้มีใช้งานอย่างแพร่หลาย ประกอบด้วยจานเบรก (Brake Drum) ก้ามปูเบรก (Brake Shoes) พร้อมผ้าเบรก ดังแสดงในรูปที่ 2.7 ส่วนของก้ามปูเบรกมีอยู่สองชิ้นลักษณะโค้งคล้ายตัวซีที่ปลายข้างหนึ่งของก้ามปูทั้งสองข้างประกบกับสลักกลมส่วนปลายอีกด้านประกบกับลูกเบี้ยวที่ปลายก้ามปูทั้งสองถูกกระตุ้นด้วยสปริงเข้าหากันตลอดเวลาสำหรับจานเบรกดัดกับเพลาส่งกำลัง



รูปที่ 2.7 เบรกชนิดขยายใน^[2]

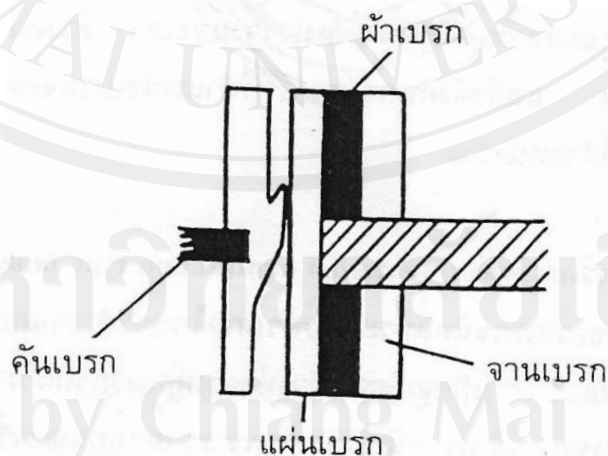
2.4.2 เบรคชนิดรัดภายนอก (External Contraction type Brake)

ลักษณะโครงสร้างของเบรคชนิดนี้ประกอบด้วยกลไกการทำงานอย่างง่าย ๆ ดังแสดงในรูปที่ 2.8 เมื่อดึงสายเบรคตามทิศทางลูกศรจะทำให้แผ่นผ้าเบรครัดผิวภายนอกของจานเบรครถไถเดินตามที่ผลิตในประเทศนิยมใช้เบรคชนิดนี้มากเพราะราคาถูกและทำงานง่าย



รูปที่ 2.8 เบรคชนิดรัดภายนอก^[2]

2.4.3 เบรคชนิดจาน (Disc type Brake) ลักษณะโครงสร้างเบรคชนิดนี้แสดงในรูปที่ 2.9 จานเบรคคู่หนึ่งจะประกบเข้ากับจานผ้าเบรคเมื่อดึงเบรคแผ่นผ้าเบรคจะกดแผ่นเบรค



รูปที่ 2.9 เบรคชนิดจาน^[2]

กลไกเบรกที่ใช้กับรถไถเดินตามไม่สามารถติดที่เพลาล้อได้เหมือนแทรกเตอร์หรือรถยนต์ เนื่องจากวัตถุประสงค์ของการใช้เบรกต่างกันนอกจากนั้นอัตราความเร็วรอบของเพลาล้อต่ำแต่ที่แรงบิดสูงทำให้ขนาดของเบรกที่ใส่ตรงล้อมีขนาดใหญ่เป็นอุปสรรคในการติดตั้งกลไกเบรกที่เพลาล้อและกลไกเบรกภายนอกห้องส่งกำลังมีปัญหาในการป้องกันน้ำ ด้วยสาเหตุดังกล่าวจึงจำเป็นต้องติดกลไกเบรกที่เพลาส่งกำลังหลักก่อนเข้าห้องเกียร์

d = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก

d^i = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน

2.5 จุดศูนย์ถ่วงรถแทรกเตอร์

จุดศูนย์ถ่วงและมุมพลิกคว่ำของรถแทรกเตอร์จะมีองค์ประกอบที่สำคัญในการทรงตัวและเสถียรภาพของรถแทรกเตอร์ขณะปฏิบัติงาน สามารถหาได้หลายวิธีด้วยกัน ในการคำนวณจากน้ำหนักและสัดส่วนต่างๆของรถแทรกเตอร์ ก็เป็นอีกวิธีหนึ่งที่นิยมใช้กันในปัจจุบันการหาตำแหน่งของจุดศูนย์ถ่วงของรถแทรกเตอร์โดยวิธีการชั่งน้ำหนักตำแหน่งของจุดศูนย์ถ่วงมีผลต่อการกระจายน้ำหนักลงที่ล้อของรถแทรกเตอร์ และเสถียรภาพในการทำงานของรถแทรกเตอร์ (Liljedahl และคณะ, 1979) นอกจากนี้คุณสมบัติทางกายภาพของรถแทรกเตอร์ ได้แก่ ความกว้างช่วงล้อระยะห่างของฐานล้อ และน้ำหนักของรถแทรกเตอร์เป็นตัวแปรที่มีผลต่อเสถียรภาพของรถแทรกเตอร์โดยเฉพาะเมื่อพิจารณาเสถียรภาพของรถแทรกเตอร์ ในสภาวะสถิตโดยปกติรถแทรกเตอร์ได้ถูกออกแบบมาให้มีตำแหน่งของจุดศูนย์ถ่วงอยู่ต่ำที่สุดเท่าที่จะทำได้ เพื่อให้มีเสถียรภาพในการปฏิบัติงานมากที่สุด รถแทรกเตอร์ที่ขับเคลื่อนล้อหลังทั่วไปจะมีตำแหน่งของจุดศูนย์ถ่วงไปทางด้านหน้าของ เพลาล้อหลังประมาณ 1/3 ของระยะห่างของฐานล้อขณะที่รถแทรกเตอร์ที่ขับเคลื่อนด้วยล้อหน้าหรือขับเคลื่อน 4 ล้อจะมีตำแหน่งของจุดศูนย์ถ่วงก่อนไปทางด้านหน้าจากจุดกึ่งกลางของตัวรถ^[8] ใช้การวัดน้ำหนักที่กระทำลงที่ล้อหลังเมื่อรถแทรกเตอร์ถูกยกขึ้นให้อยู่ในตำแหน่งต่าง ๆ กัน เพื่อคำนวณหาตำแหน่งจุดศูนย์ถ่วงของรถแทรกเตอร์ตำแหน่งของจุดศูนย์ถ่วงสามารถบอกได้ใน 3 ทิศทางด้วยกัน

2.5.1 จุดศูนย์ถ่วงตามแนวตั้ง (Vertical center of gravity)

เป็นค่าระยะสูงจากพื้นระดับ ไปยังจุดศูนย์ถ่วง (CG) ซึ่งถ้าหากค่านี้มีค่าสูง จะทำให้รถแทรกเตอร์ยังสูญเสียเสถียรภาพขณะเคลื่อนที่มากขึ้น

2.5.2 จุดศูนย์ถ่วงตามแนวนอน(Longitudinal center of gravity)

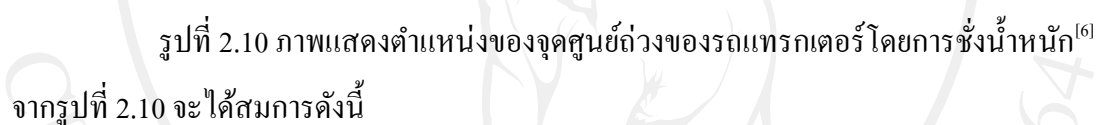
เป็นระยะที่วัดจากแกนเพลาล้อหลังขนานไปกับตัวรถไปยังตำแหน่งจุดศูนย์ถ่วง CG ซึ่งจุดนี้เคลื่อนไปทางด้านหน้าของตัวรถมาก จะทำให้รถแทรกเตอร์มีเสถียรภาพทางด้านหลังที่ดีขึ้น แต่ในขณะเดียวกันจะสูญเสียเสถียรภาพทางด้านข้างมากขึ้น รถแทรกเตอร์จะพลิกหงายทางด้านใดด้านหนึ่งขณะปฏิบัติงาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งรถแทรกเตอร์ที่มีล้อหน้าชิดต่อกันหรือรถแทรกเตอร์ที่มี 3 ล้อ

2.5.3 จุดศูนย์ถ่วงตามแนวกว้างของตัวรถ(Lateral Center of gravity)

เป็นระยะที่วัดจากจุด CG ไปยังแกนกลางของตัวรถ (Median plane of tractor) จุดศูนย์ถ่วงตามแนวกว้างของตัวรถโดยทั่วไปจะอยู่ในแนวแกนกลางของตัวรถแทรกเตอร์ ซึ่งไม่ถือว่าเป็นองค์ประกอบสำคัญในการที่จะทำให้ตัวรถพลิกคว่ำหรือเกิดอุบัติเหตุขณะปฏิบัติงาน แต่อย่างไรก็ตามหากเพิ่มน้ำหนักถ่วงล้อที่ข้างใดข้างหนึ่งเพียงข้างเดียว ก็จะทำให้รถแทรกเตอร์เกิดอุบัติเหตุรถพลิกคว่ำขณะปฏิบัติงานได้ด้วยเช่นกัน

2.5.4 มุมพลิกคว่ำ(Critical Angle of Inclination)

คือขนาดของมุมที่รถแทรกเตอร์พลิกเอียงไปด้านข้างและถ้ารถแทรกเตอร์พลิกเอียงเกินกว่ามุมเอียงวิกฤติ รถแทรกเตอร์จะพลิกคว่ำด้านข้างการคำนวณหาจุดศูนย์ถ่วงและมุมพลิกคว่ำของรถแทรกเตอร์สามารถคำนวณได้จาก การชั่งน้ำหนัก(Weighting method) และวัดสัดส่วนต่างๆของรถแทรกเตอร์และนำมาคำนวณ



โดยที่

l คือระยะความกว้างฐานล้อ (cm)

l_1 คือ ระยะห่างตามแนวยาวจากกึ่งกลางแกนเพลาล้อหลังไปยังจุดศูนย์ถ่วง (cm)

l_2 คือ ระยะห่างตามแนวราบจากแกนกลางของรถแทรกเตอร์ไปยัง (cm)

ตำแหน่งจุดศูนย์ถ่วงของรถแทรกเตอร์

w คือ น้ำหนักของรถแทรกเตอร์ (kg)

w_1 คือ น้ำหนักที่ลงตำแหน่งล้อหน้าของรถแทรกเตอร์ (kg)

h คือความสูงของตำแหน่งศูนย์ถ่วงเหนือพื้นดิน (cm)

r_1 คือความสูงของจุดกึ่งกลางล้อหลัง (cm)

r_2 คือความสูงของจุดกึ่งกลางล้อหน้าเหนือพื้นดิน (cm)

r'_1 คือ ความสูงของจุดกึ่งกลางล้อหน้าเหนือพื้นดินขณะที่ล้อหน้าถูกยกขึ้น (cm)

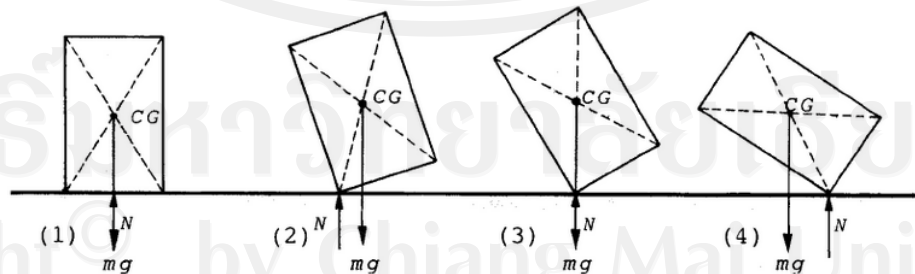
r'_2 คือความสูงของจุดกึ่งกลางล้อหน้าเหนือพื้นดินขณะที่ล้อหน้า (cm)

ถูกยกขึ้นบนความสูง y

y คือ ความสูงของล้อหน้าที่ถูกยกเหนือระดับพื้นดิน (cm)

T คือ ระยะทริค

จากหลักการพลิกคว่ำดังแสดงในรูปที่ 2.11 จะเห็นได้ว่า เมื่อวัตถุอยู่ดังรูปที่ 1. และ 2. วัตถุจะยังไม่ล้มเพราะแนวน้ำหนักวัตถุอยู่ในฐาน แต่ถ้าวัตถุอยู่ดังรูปที่ 3 วัตถุสมมูลครั้งสุดท้าย ถ้าแนวน้ำหนักเลยตำแหน่งนี้ออกไปแม้เพียงเล็กน้อยจะล้มทันทีถ้าวัตถุอยู่ดังรูปที่ 4 วัตถุจะล้มทันที ดังนั้นการคำนวณถ้าวัตถุอยู่ในตำแหน่งที่พอดีล้มแสดงว่าน้ำหนักตกผ่านขอบฐานพอดี



รูปที่ 2.11 ภาพแสดงการพิจารณาเงื่อนไขการพลิกคว่ำ^[7]

เมื่อนำหลักการนี้มาประยุกต์ใช้กับรถแทรกเตอร์

จะได้

$$\tan \beta = \frac{d}{h-r} \quad (2.15)$$

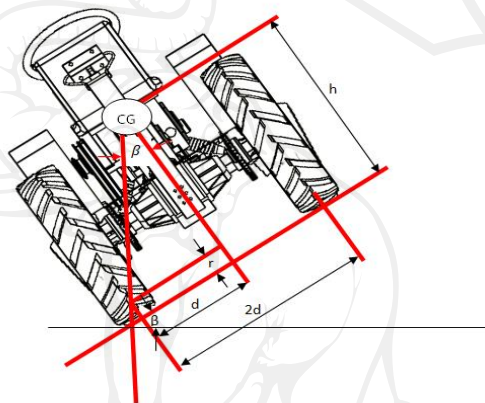
โดยที่

r คือ รัศมีความโค้งของหน้ายาง

(cm)

β คือ มุมที่รถถูกยกตะแคง

(องศา)



รูปที่ 2.12 จุดศูนย์ถ่วงโดยวิธียกข้าง

2.6 สมรรถนะการหลุดลากของรถแทรกเตอร์

กำลังงานที่นำไปใช้ประโยชน์ได้จากรถแทรกเตอร์ จำแนกออกตามการนำไปใช้งานได้ 3

ทาง คือ ทางสายพาน ทางเพลาลำนำกำลังและคานลาก สำหรับการเกษตรปัจจุบันกำลังงานจากรถแทรกเตอร์ส่วนใหญ่จะถูกใช้ในการลากจูง ซึ่งความสามารถในการลากจูงขึ้นอยู่กับสภาพของพื้นที่สภาพของยาง น้ำหนักรถแทรกเตอร์ น้ำหนักอุปกรณ์ต่อพ่วง ค่าของการสิ้นเปลืองของรถแทรกเตอร์ เป็นต้น ดังนั้นกำลังหลุดลากจึงมีความสำคัญอีกประการหนึ่งในการพิจารณาเลือกขนาดของรถแทรกเตอร์ ให้เหมาะสมกับการใช้งาน

การถูกลาก(Traction) คือแรงที่เกิดขึ้นเนื่องจากการที่ล้อเคลื่อนที่โดยได้รับกำลังมาจากเครื่องต้นกำลังหรือเครื่องยนต์ให้หมุนไปบนพื้นระดับแล้ว ทำให้เกิดแรงผลักดันให้รถแทรกเตอร์เคลื่อนที่ด้วยความเร็วที่ต้องการจากสมการ

$$P_{db} = \frac{F \times s}{c} \quad (2.16)$$

โดยที่

P_{db} คือ กำลังถูกลาก (KW)

F คือ แรงถูกลาก (kg)

s คือ ความเร็วในการเคลื่อนที่ (m/s)

c คือ ค่าคงที่ เท่ากับ 75

ประสิทธิภาพของการถูกลาก(Traction Efficiency) หมายถึงอัตราส่วนระหว่างกำลังถูกลากของกำลังเพลาล้อขับเคลื่อนความสัณฐานดังกล่าวนี้หาได้จากสมการ

$$TE = \frac{P_{db}}{P_{axle}} \quad (2.17)$$

โดยที่

TE คือ ประสิทธิภาพการถูกลาก (%)

P_{db} คือ กำลังถูกลาก (kw)

P_{axle} คือ กำลังที่เพลาล้อขับเคลื่อน (kw)

สำหรับแทรกเตอร์โดยทั่วไป จะมีประสิทธิภาพการถูกลากประมาณคือ

- แทรกเตอร์ ล้อยาง ขับเคลื่อน 2 ล้อเท่ากับ 0.6 %

- แทรกเตอร์ ล้อยาง ขับเคลื่อน 4 ล้อเท่ากับ 0.66 %

- แทรกเตอร์ล้อตีนตะขาบเท่ากับ 0.78 %

สัมประสิทธิ์การถูกลาก (Traction Coefficient) หมายถึง สัดส่วนระหว่างแรงดึงกับน้ำหนักทาง static และ dynamic ที่ลงบนล้อขับเคลื่อน

1. น้ำหนัก static

$$\mu_s = \frac{F}{W_s} \quad (2.18)$$

โดยที่

μ_s คือ สัมประสิทธิ์การถูกลาก

F คือ แรงดึง (N)

W_s คือ น้ำหนัก static (kg)

2. น้ำหนัก dynamic

$$\mu_d = \frac{F}{W_d} \quad (2.19)$$

โดยที่

μ_d คือ สัมประสิทธิ์การถูกลาก

F คือ แรงดึง (N)

W_d คือ น้ำหนัก dynamic (kg)

สำหรับรถแทรกเตอร์ที่ขับเคลื่อน 4 ล้อ และแทรกเตอร์ดินตะขบน้ำหนักที่ลงบนล้อขับเคลื่อน static จะเท่ากับน้ำหนักที่ลงบนล้อขับเคลื่อน dynamic สัมประสิทธิ์การถูกลาก dynamic จึงเท่ากับสัมประสิทธิ์การถูกลาก static สำหรับแทรกเตอร์ที่ขับเคลื่อน 2 ล้อ สัมประสิทธิ์การถูกลากทาง static จะมากกว่าสัมประสิทธิ์การถูกลากทาง dynamic

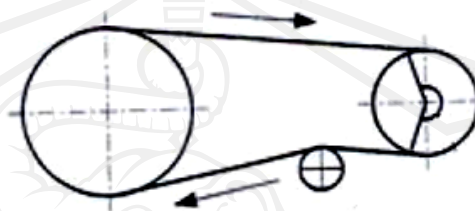
2.7 ระบบส่งกำลังของรถแทรกเตอร์

ระบบส่งกำลัง คือ การถ่ายทอดการหมุนของเครื่องยนต์ไปยังมู่เล่ย์ตัวตาม เพื่อให้เคลื่อนที่ได้ ระหว่างทางการส่งกำลังหมุนไปนี้ จะผ่านส่วนประกอบ หรืออุปกรณ์ หลายส่วน เช่น ชุดคลัตช์ (Clutch), ชุดเกียร์ (Transmission), เพลาขับ (Drive shaft), และล้อ (Wheel) เป็นต้น

2.7.1 การส่งกำลังด้วยสายพาน

การส่งกำลังด้วยสายพาน อาศัยหลักการส่งกำลังด้วยความฝืดของสายพาน กับล้อสายพาน หรือที่เรียกว่าแรงเสียดทาน แบ่งตามลักษณะหน้าตัดของสายพานได้หลายชนิด คือ สายพานกลม สายพานแบน สายพานลิ้ม และสายพานฟัน การส่งกำลังด้วยสายพานสามารถส่งถ่าย

กำลังที่มีระยะห่างระหว่างเพลาทิ้งสองได้มากกว่าการส่งกำลังด้วยเฟือง มีการยึดหุ่นตัวได้ดีทำให้การส่งกำลังไม่เกิดเสียงดัง ราคาถูก หาซื้อได้ง่าย เพราะมีขนาดมาตรฐาน และมีจำหน่ายในท้องตลาดทั่วไป แต่การส่งกำลังด้วยสายพานส่วนใหญ่ไม่เหมาะสำหรับงานที่ต้องการอัตราทด (ยกเว้นสายพานฟันที่มีอัตราทดแน่นอน) มีความแข็งแรงน้อยกว่าเฟืองไม่เหมาะสำหรับงานบางสภาวะเช่นการใช้งานอยู่ในน้ำมันหรือการส่งถ่ายกำลังมากๆ



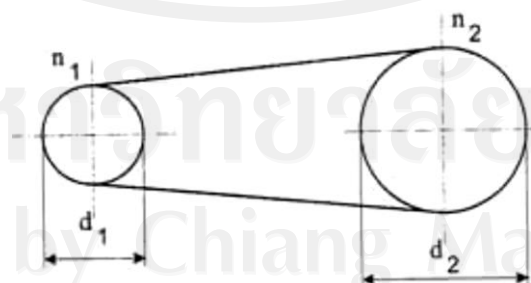
รูปที่ 2.13 ลักษณะการส่งกำลังด้วยสายพาน^[6]

2.7.2 อัตราทดจากการส่งกำลังด้วยสายพาน

การส่งกำลังด้วยสายพานที่นิยมใช้กันอยู่ทั่วไปมีสายพานแบนสายพานลิ่มและสายพานฟันซึ่งมีวิธีการคำนวณหาอัตราทดดังนี้อัตราทดของสายพานลิ่มหรือสายพานตัววี มีหน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมคางหมู มีวิธีการคำนวณดังนี้มีหน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมคางหมู มีวิธีการคำนวณดังนี้

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{d_{m2}}{d_{m1}} \quad (2.20)$$

สูตรในการหาขนาดและจำนวนของสายพาน



รูปที่ 2.14 รูปหน้าตัดของสายพานลิ่มหน้าแถบ^[7]

สูตรที่ 1
$$i = \frac{n_1}{n_2} \quad (2.21)$$

สูตรที่ 2
$$i = \frac{d_2}{d_1} \quad (2.22)$$

สูตรที่ 3
$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{d_2}{d_1} \quad (2.23)$$

หรือ $n_1 \times d_1 = n_2 \times d_2$

เมื่อกำหนด

i คืออัตราทด

n_1 คือความเร็วรอบของล้อขับ (rpm)

n_2 คือความเร็วรอบของล้อตาม (rpm)

d_1 คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของมู่เล่ย์ตัวขับ (mm)

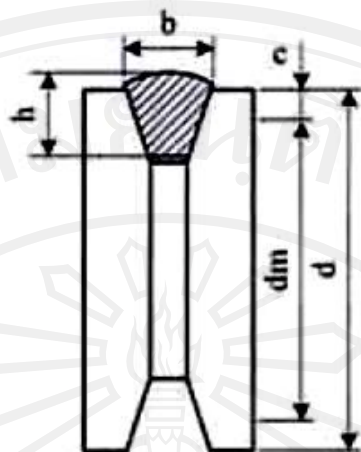
d_2 คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของมู่เล่ย์ตัวตาม (mm)

1) สายพานวี (V – belts) สายพานวี สามารถส่งกำลังได้ค่อนข้างมากโดยต้องการแรงดึงขั้นต่ำในสายพานค่อนข้างน้อย ทั้งนี้เพราะผลจากการเกาะยึดตัวกันระหว่างด้านข้างของสายพานกับร่อง ทำให้เกิดแรงเสียดทานสูง เป็นผลให้สายพานทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ถึงแม้จะมีส่วนโค้งสัมผัสน้อย เหมาะสำหรับการใช้งานในกรณีที่ ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางน้อยและเบร้งของเพลานี้ไม่ต้องรับแรงมากจึงมักใช้ในงานส่งกำลังทางด้านอุตสาหกรรมทั่วไป ซึ่งสายพานสามารถส่งกำลังได้โดยมีอัตราทดสูงประมาณ 7:1 ถึง 10:1

โดยที่

dm_1 คือขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของล้อขับ (มม.) $(d_1 - 2C)$

dm_2 คือขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของล้อตาม (มม.) $(d_2 - 2C)$



รูปที่ 2.15 สายพานวี

ตารางที่ 2.1 ค่า C ของสายพานวี

ความกว้างสายพาน(V) มม.	5	6	8	10	13	17	20	25	32	40	50
ระยะ (C)	1.5	2	2.5	3	4	5	6	8	10	12	16

2) สายพานลิ่มปกติ เป็นสายพานที่ใช้งานกันโดยทั่วไปกับเครื่องจักรกลธรรมดาที่ใช้ความเร็วรอบไม่มากนักทำด้วยแผ่นยางสลัดกับผ้าใบเป็นชั้นๆ

3) สายพานลิ่มร่วม เป็นสายพานที่สร้างลิ่มหลายลิ่มมารวมกันในเส้นเดียวปัจจุบันนิยมใช้มากสายพานแบบนี้จะมีแผ่นปิดยางสังเคราะห์ซึ่งเหมาะสมกับงานที่มีงานถ่ายเมโมเมนต์หมุนที่ไม่สม่ำเสมอและระยะห่างระหว่างแกนเพลามากๆ

4) สายพานลิ่มแหลมเป็นสายพานลิ่มเช่นกันแต่ละลิ่มจะแหลมสามารถกระจายแรงตามแนวรัศมีไปยังแผ่นปิดด้านบนสายพานอย่างสม่ำเสมอตลอดหน้ากว้างจึงเหมาะใช้กับแกนเพลามีระยะห่างมากๆ และรับแรงสูง

5) สายพานลิ่มหน้ากว้างเป็นสายพานรูปร่างพิเศษที่ใช้สำหรับการส่งกำลังที่มีการปรับความเร็วรอบตามความต้องการ

6) สายพานลิ่มหลายรูปพรรณเป็นสายพานที่ผิวชั้นบนเป็นพลาสติกหุ้มอยู่โดยรอบทำหน้าที่เป็นผิวรับแรงดึงส่วนเนื้อสายพานร่องลิ่มเป็นสายพานที่เรียงต่อกันไปที่สวมสัมผัสผิวร่องลิ่ม

พูลเลย์ได้แบบสนิทพอดีซึ่งทำให้แรงตามแนวรัศมีถูกถ่ายเทไปยังด้านบนสายพานเหมาะกับงานที่มีอัตราทดสูงมากๆและส่งกำลังได้ถึง 600 กิโลวัตต์

ขนาดสายพานและล้อสายพานสายพานวีมีหน้าตัดเป็นรูปตัว V ดังนั้นในการกำหนดขนาดจึงมักกำหนดโดยใช้ความกว้างพิชต์ และความหนาสายพานโดยใช้ตัวอักษรแทน ซึ่งจะแบ่งออกเป็นสายพานวีแบบแคบ (Narrow V-belts) มีขนาด SPZ, SPB, SPC และสายพานวีแบบธรรมดา มีขนาด Y, Z, A, B, C, D, E ซึ่งในที่นี้กล่าวเฉพาะสายพาน วี แบบ ธรรมดาเท่านั้น

สามารถคำนวณหาล้อสายพานได้จากสมการ

$$m_{\omega} = \frac{N_1}{N_2} = \frac{D}{d} \quad (2.24)$$

โดยที่

m_{ω}	คืออัตราทด (speed ratio)	(ตัวแปรไร้มิติ)
D	คือเส้นผ่านศูนย์กลางล้อสายพานขับ	(mm)
d	คือเส้นผ่านศูนย์กลางล้อสายพานตาม(mm)	
N_1	คืออัตราความเร็วรอบของล้อสายพานขับ(rpm)	
N_2	คืออัตราความเร็วรอบของล้อสายพานตาม(rpm)	

ความยาวของสายพาน วี คิดที่ความยาว พิชต์ มีค่าประมาณดังนี้

$$L_p \approx 2C + 1.57d_p + (D_p) + \frac{(D_p + D_p)^2}{4C} \quad (2.25)$$

เมื่อทราบค่า L_p แล้วต้องการหาระยะห่างของจุดศูนย์กลางของล้อสายพานสามารถใช้ความสัมพันธ์นี้

$$C = \sqrt{P^2 - q} \quad (2.26)$$

โดยที่

$$P = 0.25 L_p - 0.393 (d_p + D_p)$$

$$q = 0.125(D_p - d_p)^2$$

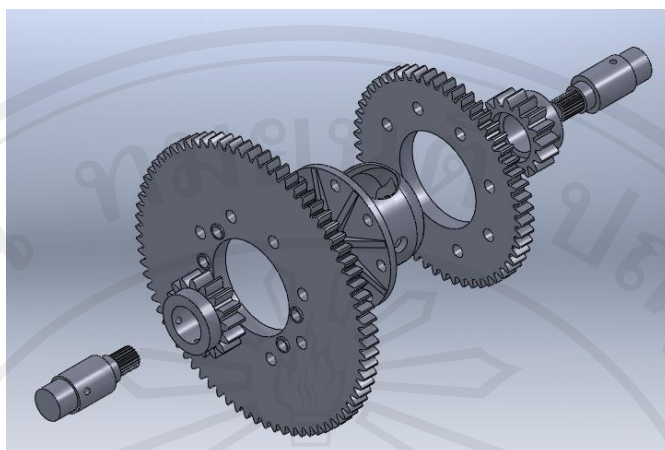
โดยที่		
C	คือระยะห่างระหว่างศูนย์กลางของล้อสายพาน	(mm)
d_p	คือขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางพิชต์ของล้อสายพานตัวขับ	(mm)
D_p	คือขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางพิชต์ของล้อสายพานตัวตาม	(mm)
L_p	คือความยาวของสายพาน	(mm)

2.8 เฟืองท้าย

เมื่อรถเคลื่อนที่ไปบนทางตรงเฟืองท้ายจะทำหน้าที่ปรับความเร็วล้อด้านซ้ายและด้านขวาให้เท่ากัน แต่เมื่อรถไปในทิศทางโค้ง เฟืองท้ายจะทำหน้าที่ปรับความเร็วล้อทั้งสองข้างไม่ให้เท่ากันเพื่อลดครีสมิการ โค้ง ดังนั้นรถยนต์ส่วนใหญ่จึงมีความจำเป็นที่จะต้องมียูปรณ์ชนิดพิเศษไว้เพื่อให้ล้อด้านซ้ายและล้อด้านขวามุุนไปด้วยความเร็วที่แตกต่างกันอุปกรณ์นั้น คือเฟืองท้าย (differential)

2.8.1 หลักการทำงานของเฟืองท้าย

ในขณะที่รถเคลื่อนที่วิ่งไปข้างหน้าเมื่อรถวิ่งตรงไปข้างหน้าบนถนนที่มีระดับเดียวกัน เพลาข้างทั้งสองด้านจะหมุนเคลื่อนที่ไปด้วยความเร็วที่เท่ากัน ทำให้ส่วนประกอบของเฟืองท้ายทั้งหมดหมุนเคลื่อนที่ไปเป็นหน่วยเดียวกัน เฟืองดอกจอกจะไปหมุนไปพร้อมกับเฟืองบายศรีเมื่อรถเลี้ยวเข้าโค้ง ในขณะที่รถวิ่งเข้าโค้ง ก็จะทำให้ล้อด้านในมีระยะทางในการเคลื่อนที่ที่น้อยกว่าล้อด้านนอก ดังนั้นจึงทำให้เฟืองข้างด้านนอกมีรอบที่หมุนเพิ่มมากขึ้น นั่นคือเมื่อเฟืองดอกจอกหมุนรอบเฟืองข้างด้านใดด้านหนึ่ง มันจะทำให้จำนวนรอบของเฟืองทั้งสองหมุนเป็นสองเท่าของเฟืองบายศรี



รูปที่ 2.16 โครงสร้างของเฟืองท้าย
การหาอัตราทดเฟืองท้ายสามารถหาได้จากสมการดังนี้

$$\text{อัตราทดเฟืองท้าย} = \frac{\text{จำนวนฟันเฟืองวงแหวน}}{\text{จำนวนฟันของเฟืองเดือยหมุน}} \quad (2.25)$$

2.9 การวัดความสามารถในการทำงานของเครื่องจักรกล

คือ ค่าการทำงานของเครื่องจักร โดยขึ้นอยู่กับชนิดของเครื่องจักรที่ใช้ในการทำงาน ความสามารถของเครื่องจักรสามารถวัดได้โดยอาศัยหน่วยพื้นที่ต่อเวลา สำหรับเครื่องจักรกลเกษตร ทั่วไป ส่วนความสามารถของเครื่องจักรที่วัดในหน่วยของน้ำหนักต่อเวลานั้น จะใช้กับเครื่องจักรกลเกษตรประเภทเครื่องเก็บเกี่ยวเป็นต้น

การวัดความสามารถของเครื่องจักรนั้น จะกระทำได้ 3 ลักษณะ คือ

2.9.1 Field capacity

คือ ความสามารถของเครื่องจักรที่บอกหน่วยวัดเป็น พื้นที่ต่อเวลา (ไร่/ชั่วโมง) วิธีการวัดแบบนี้จะใช้ได้กับเครื่องจักรกลเกษตรทั่วไป เช่น เครื่องมือเตรียมดินครั้งแรก ครั้งที่สอง และเครื่องปลูก เป็นต้น

2.9.2 Material Capacity

คือ ความสามารถของเครื่องจักรที่บอกหน่วยวัดเป็น น้ำหนักต่อเวลา (กิโลกรัม/ชั่วโมง) วิธีการวัดแบบนี้จะใช้กับเครื่องจักรกลเกษตรประเภทเครื่องเก็บเกี่ยวอาหารสัตว์ เช่น เครื่องหั่นเศษพืช หรือ เครื่องเกี่ยวนวด ที่นับเฉพาะจำนวนของเมล็ดที่นวดแล้วเท่านั้น

2.9.3 Throughput capacity

เป็นหน่วยวัดลักษณะเกี่ยวแบบที่สอง แตกต่างกันที่ การวัดแบบนี้จะวัดรวมผลผลิตทั้งหมดที่ผ่านเข้าสู่ตัวเครื่องจักร เช่น เครื่องเกี่ยวนวด จะนับรวมถึงปริมาณของเมล็ด ฟาง คอซังและเศษผลผลิตอื่นๆ ที่ผ่านเข้าสู่เครื่องเกี่ยวนวดวัดเป็นหน่วย น้ำหนักต่อเวลา(กิโลกรัม/ชั่วโมง)

$$\text{สูตร} \quad \text{Field Capacity} = \frac{SW}{T} \quad (2.26)$$

S = ความเร็ว (กิโลเมตร/ชั่วโมง)

W = ความกว้างของของเครื่องจักร (เมตร)

E_f = ประสิทธิภาพการทำงานในพื้นที่

E_c = ความสามารถในการทำงานจริงของเครื่องจักร

TFC = ความสามารถในการทำงานทางทฤษฎีของเครื่องจักร

2.9.4 ความสามารถในการทำงานทางทฤษฎีของเครื่องจักร(TFC)

คืออัตราการทำงานที่เครื่องจักรสามารถทำได้ 100%ของเวลาทั้งหมดที่ใช้ในการขับเคลื่อนและเต็ม100%ของหน้ากว้างของเครื่องจักรกล

การหาความสามารถทางทฤษฎีจะหาได้จาก

$$TFC = \frac{S \cdot W}{1.6} \quad (2.27)$$

2.9.5 ความสามารถในการทำงานเชิงพื้นที่จริง (effective field capacity) หมายถึง

อัตราในการทำงานจริงที่เครื่องจักรกลสามารถทำได้ของเวลาทั้งหมดที่ใช้ในการเคลื่อนที่หรือทำงานจริง โดยทั่วไปแล้วความสามารถของการทำงานเชิงพื้นที่จริงจะมีค่าน้อยกว่าความสามารถของการทำงานเชิงพื้นที่ในทางทฤษฎี ทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของเครื่องจักรกล เวลาที่เครื่องจักรกลสูญเสียไปในขณะที่ทำงานหรือความกว้างในการทำงานของเครื่องจักรกลทำงานได้ไม่เต็มที่ สำหรับหน่วยของความสามารถการทำงานเชิงพื้นที่จริงเป็นจำนวนพื้นที่ต่อเวลา

ดังนั้นประสิทธิภาพในการทำงานในพื้นที่จึงหมายถึง อัตราส่วนของความสามารถในการทำงานเชิงพื้นที่จริงต่อความสามารถของการทำงานเชิงพื้นที่ในทางทฤษฎี ซึ่งในการคิดประสิทธิภาพในการทำงานในพื้นที่นี้จะคิดรวมถึงเวลาที่สูญเสียไปในการทำงาน และการสูญเสียงานที่เกิดขึ้นเนื่องจาก

การใช้ความกว้างของเครื่องจักรกลไม่เต็มที่ ประสิทธิภาพในการทำงานนั้นสามารถหาได้จากความสัมพันธ์ดังนี้

$$n = (E/T)100 \quad (2.28)$$

เมื่อ

n = ประสิทธิภาพของเครื่องจักรกล

E = ความสามารถในการทำงานจริง,พื้นที่ต่อเวลา

T = ความสามารถในการทำงานทางทฤษฎี,พื้นที่ต่อเวลา

ส่วนในกรณีที่ต้นกำลังมีขนาดเล็กกว่าเครื่องจักร จะทำให้ความสามารถในการทำงานของเครื่องจักรลดลง เกิดการสูญเสีย(Loss) ในการทำงานสูง รวมทั้งมีผลต่อการสึกหรอของต้นกำลังที่ใช้ขับเคลื่อนเครื่องจักรนั้นด้วย สำหรับต้นกำลังมีขนาดใหญ่กว่าเครื่องจักร จะมีผลทำให้เกิดความสูญเสียในเรื่องของเชื้อเพลิงสูง ทำให้ค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น ดังนั้นในการจำกัดค่าใช้จ่ายของเครื่องจักรกลเกษตรให้มีค่าต่อหน่วยน้อยที่สุด จึงจำเป็นที่จะต้องเลือกใช้ต้นกำลังที่เหมาะสมกับเครื่องจักร โดยพิจารณาถึงปัจจัยดังต่อไปนี้

- 1.ความสามารถของเครื่องจักร
- 2.ประสิทธิภาพการทำงานในพื้นที่
- 3.กำลังที่ต้องการ