

บทที่ 4

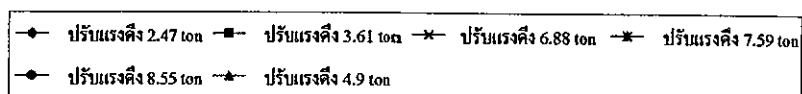
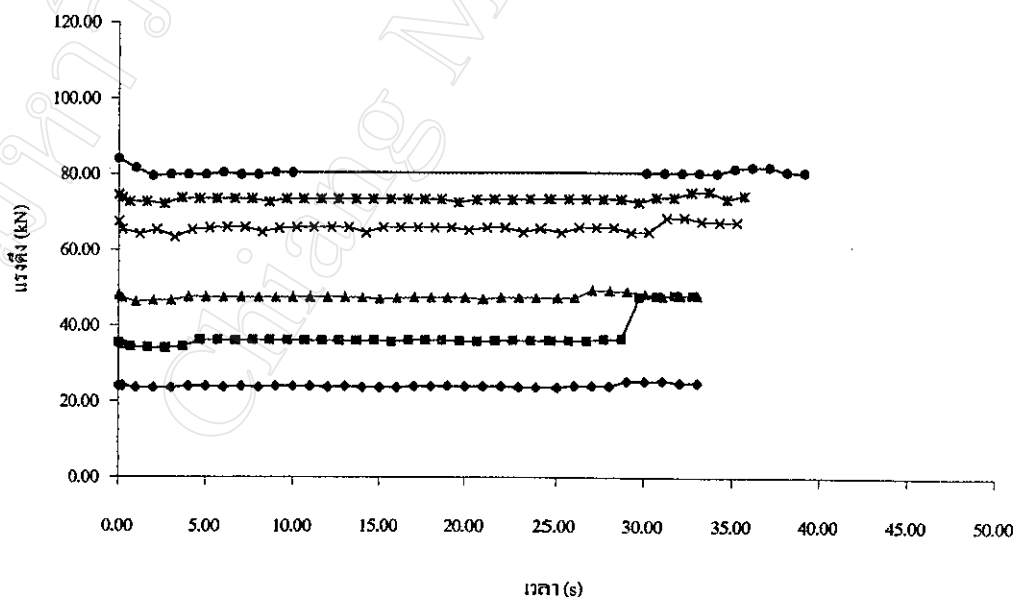
ผลการทดสอบและการวิเคราะห์

4.1 ผลการทดสอบการทำงานของสายพานลำเลียง

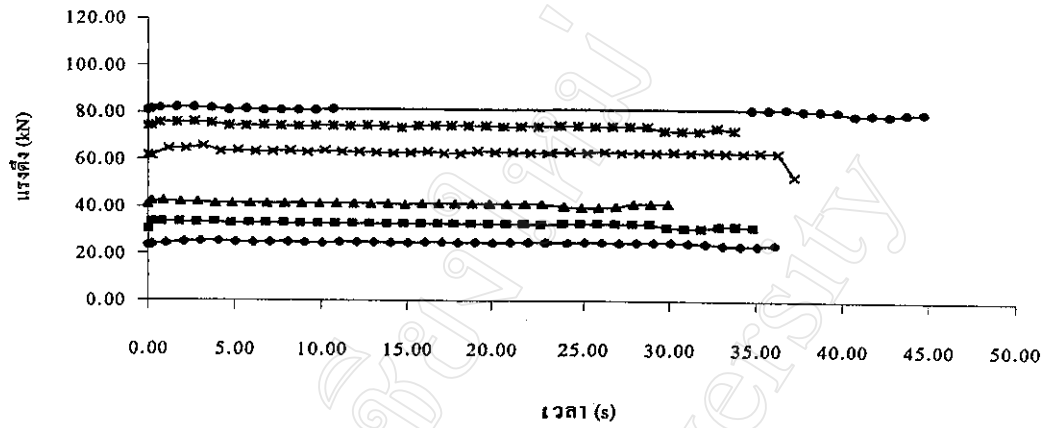
เมื่อทำการทดสอบการทำงานของสายพานลำเลียงในสถานะที่ไม่มีภาระและมีภาระ รวมทั้งทดสอบการทำงานเมื่อมีการฉีดพ่นน้ำระงับฝุ่นละออง แล้วรวบรวมข้อมูลจากการทดสอบ ได้ผลดังต่อไปนี้

4.1.1 ผลการทดสอบแรงดึงสายพาน

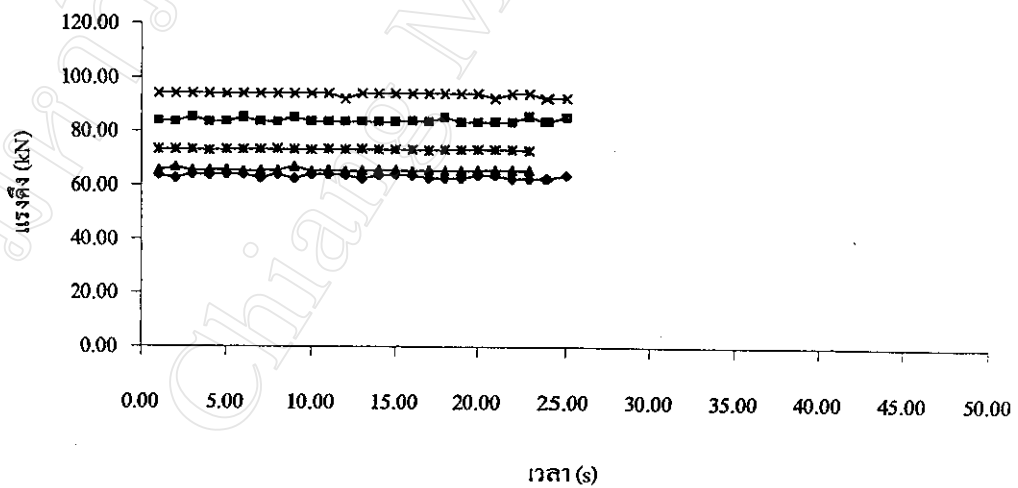
เมื่อทำการวัดแรงดึงสายพานขณะที่สายพานลำเลียงทำงาน โดยปรับแรงดึงสายพานให้มีค่าต่างๆ ได้ผลดังรูปที่ 4.1 - 4.4 การเปลี่ยนแปลงระดับแรงดึงของสายพานแยกได้ 3 ช่วง ได้แก่ ช่วงที่สายพานลำเลียงเริ่มเดินเครื่อง, ช่วงที่สายพานลำเลียงทำงานในสถานะคงที่ และช่วงที่สายพานลำเลียงหยุดทำงาน แรงดึงด้านหย่อน (T_2) จะมีค่าลดลงมากที่สุด ในขณะที่เริ่มเดินเครื่อง และมีค่าเพิ่มขึ้นมากที่สุด ในขณะที่หยุดทำงาน ส่วนแรงดึงด้านตึง (T_1) จะมีค่าเพิ่มขึ้นมากที่สุด ในขณะที่เริ่มเดินเครื่อง และมีค่าลดลงมากที่สุด ในขณะที่หยุดทำงาน



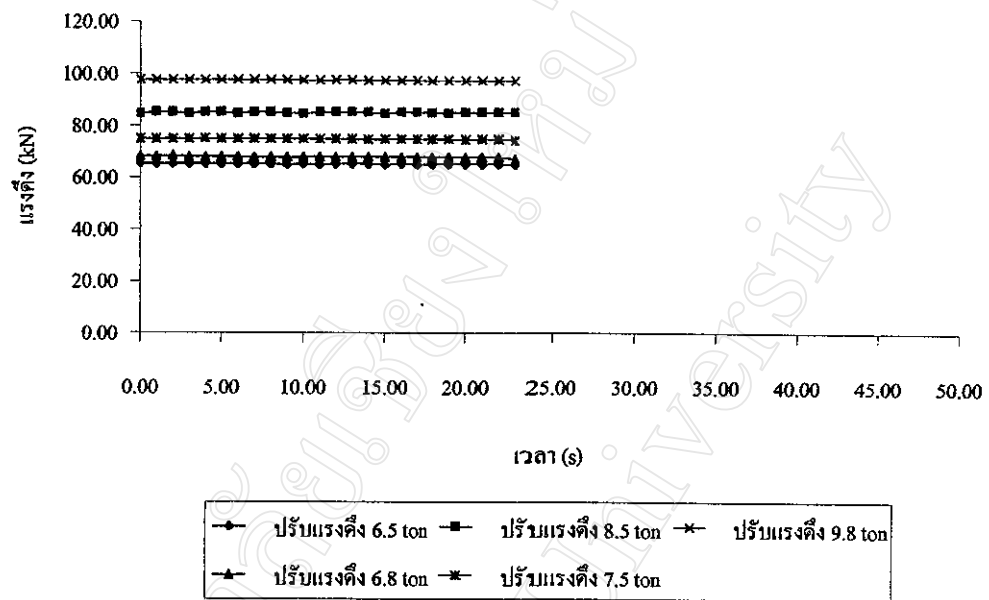
รูปที่ 4.1 แรงดึงสายพาน T_2 (ไม่มีภาระ)



รูปที่ 4.2 แรงดึงสายพาน T_1 (ไม่มีภาระ)



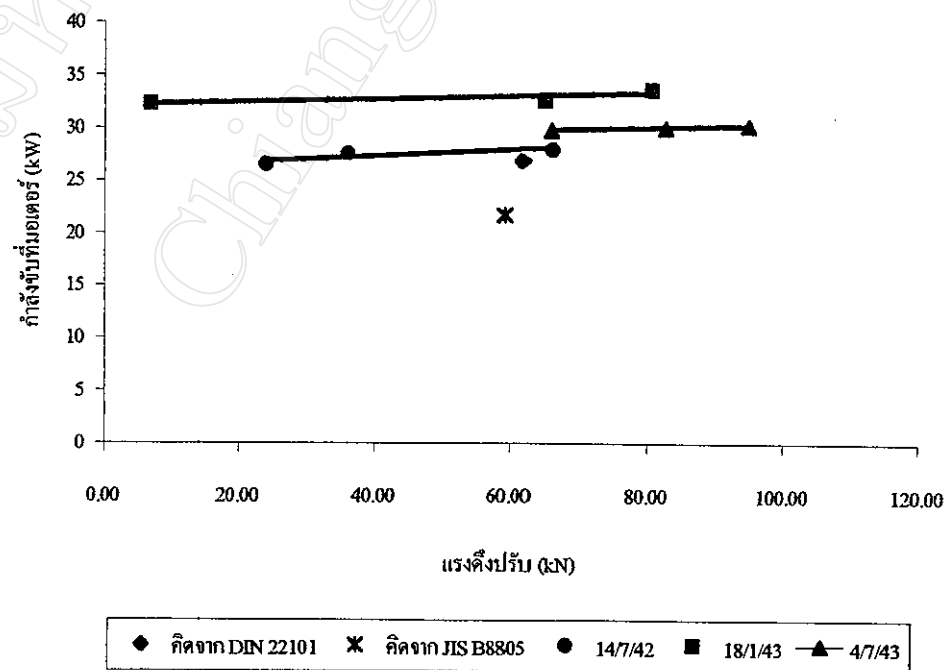
รูปที่ 4.3 แรงดึงสายพาน T_2 (มีภาระ)



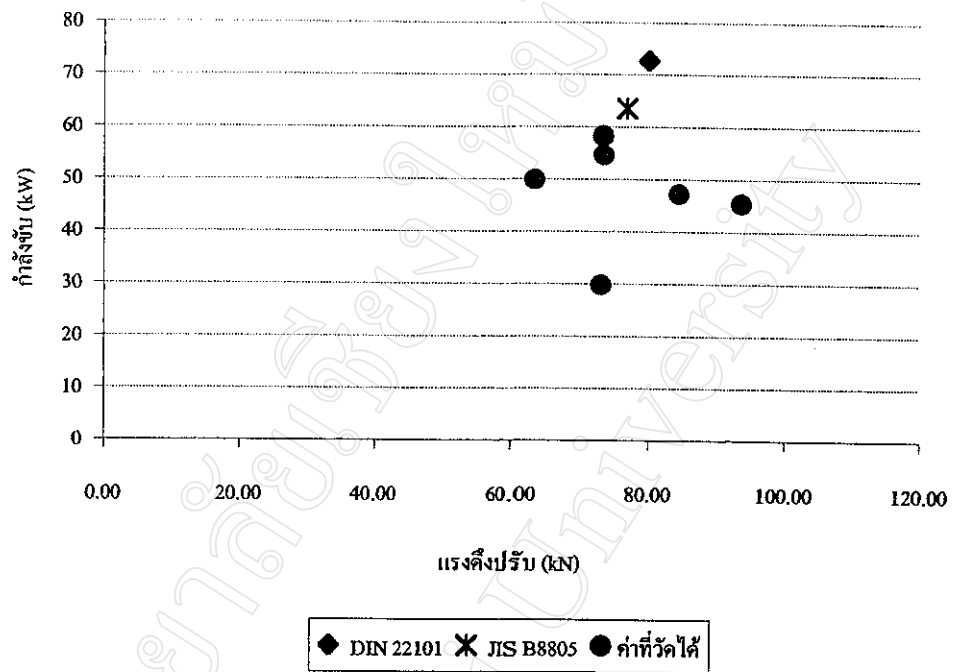
รูปที่ 4.4 แรงดึงสายพาน T₁ (มีภาระ)

4.1.2 ผลการทดสอบกำลังขับเคลื่อนสายพานลำเลียง

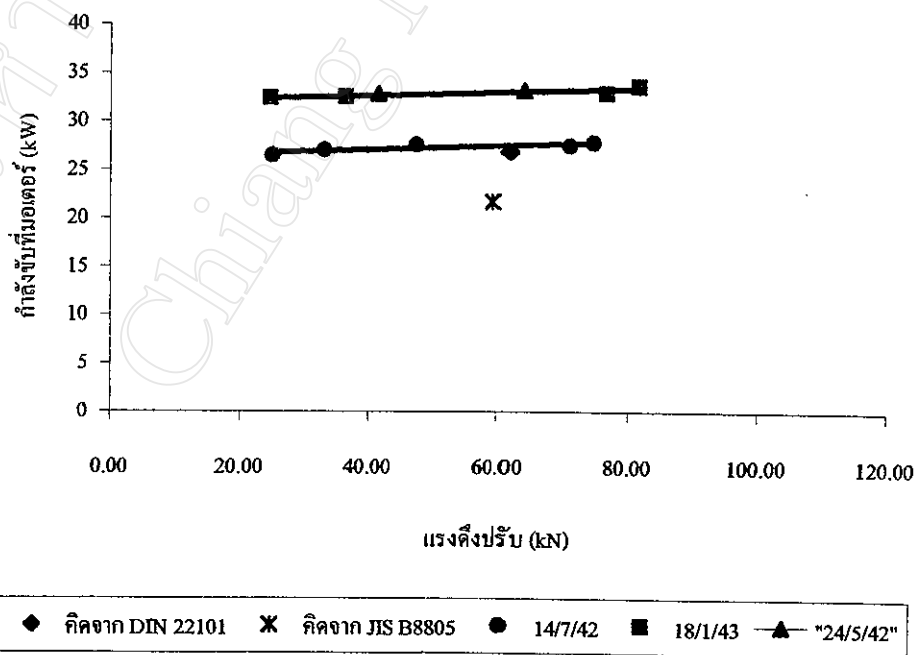
เมื่อวัดกำลังขับเคลื่อนสายพานลำเลียง D1 ขณะที่สายพานลำเลียงทำงาน ได้ผลดังกราฟต่อไปนี้



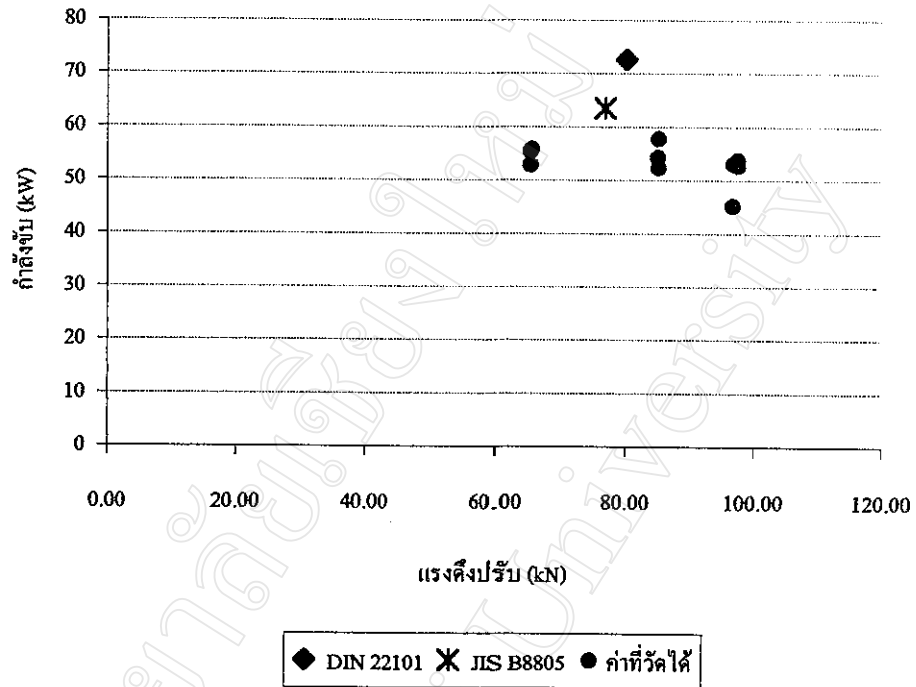
รูปที่ 4.5 กำลังขับเคลื่อนสายพานลำเลียง D1 (เดินหน้า, ไม่มีภาระ)



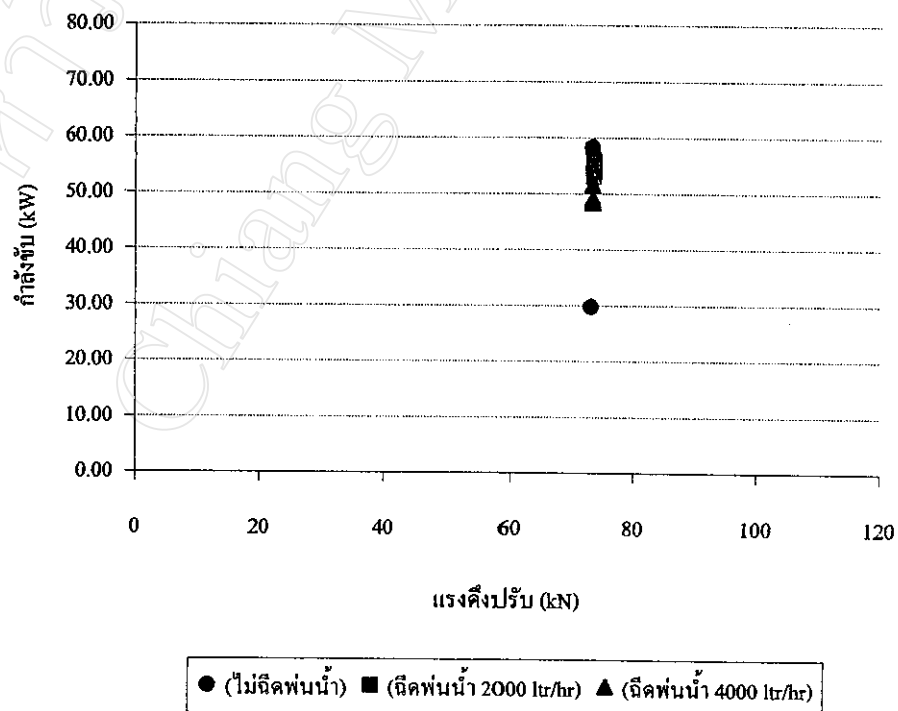
รูปที่ 4.6 กำลังขับสายพานลำเลียง D1 (เดินหน้า, มีการเปลี่ยนแปลงระหว่าง 0-1579 ton/hr)



รูปที่ 4.7 กำลังขับสายพานลำเลียง D1 (ย้อนกลับ, ไม่มีภาระ)



รูปที่ 4.8 กำลังขับสายพานลำเลียง D1 (ย้อนกลับ, มีภาระเปลี่ยนแปลงระหว่าง 0-1460 ton/hr)



รูปที่ 4.9 กำลังขับสายพานลำเลียง D1 (ฉีดพ่นน้ำและไม่ฉีดพ่นน้ำระงับฝุ่นละออง)
(อัตราลำเลียงเปลี่ยนแปลงระหว่าง 0-1747 ton/hr)

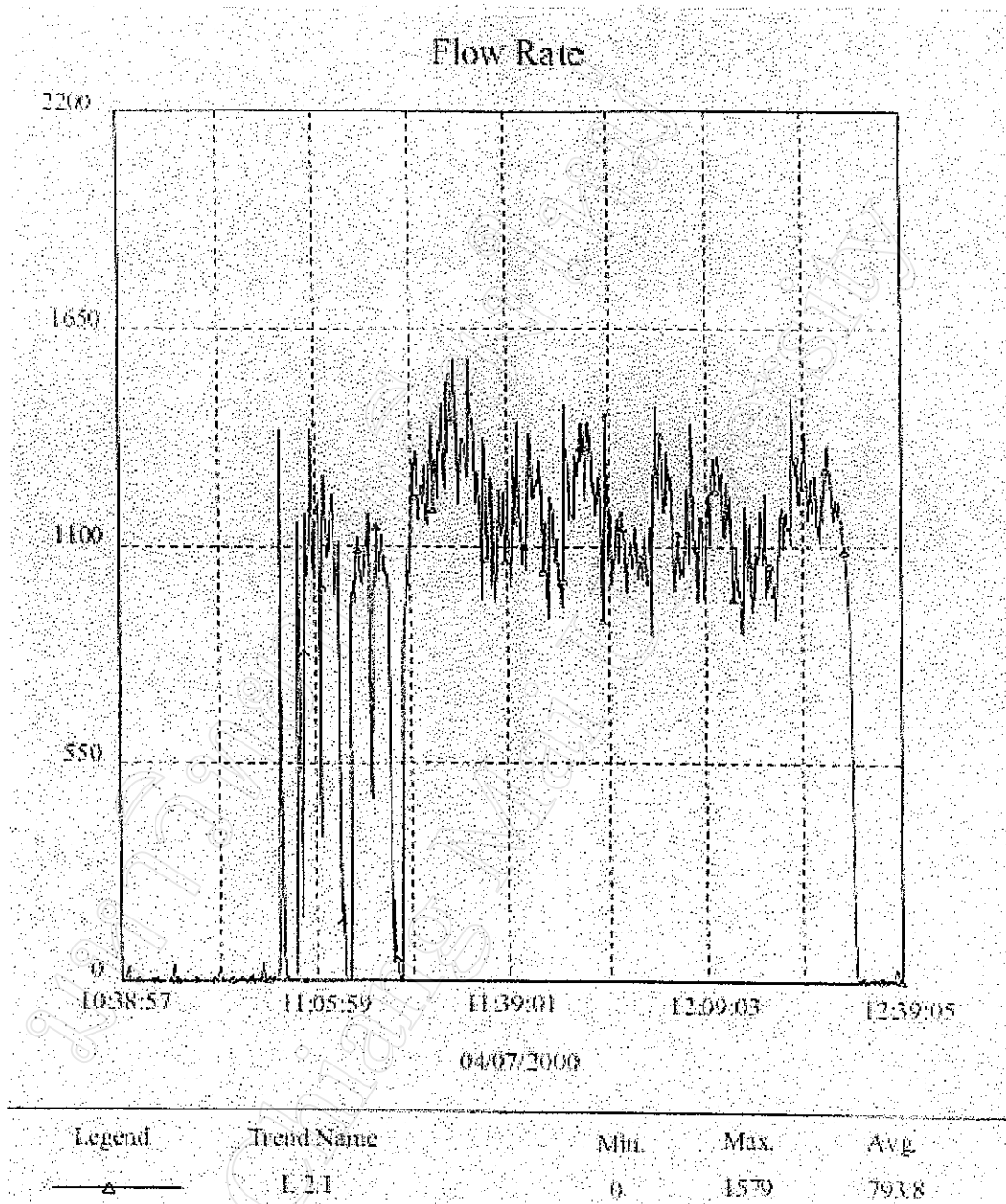
การทำงานของสายพานลำเลียงขณะไม่มีภาระ พบว่ากำลังขับเคลื่อนสายพานลำเลียงมีค่าแปรผันโดยตรงกับแรงดึงปรับที่เพิ่มขึ้น โดยมีลักษณะเหมือนกันทั้งการเปลี่ยนแปลงแรงดึงทางด้านหย่อน (T_2) และแรงดึงทางด้านตั้ง (T_1)

การทำงานของสายพานลำเลียงขณะมีภาระ พบว่ากำลังขับเคลื่อนสายพานลำเลียงไม่มีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงแรงดึงปรับ ทั้งการเปลี่ยนแปลงแรงดึงทางด้านหย่อน (T_2) และแรงดึงทางด้านตั้ง (T_1) กำลังขับเคลื่อนที่วัดได้ขณะมีภาระเมื่อเปรียบเทียบกับการทำงานของสายพานที่ไม่มีภาระมีค่าเพิ่มขึ้นเป็นประมาณ 2 เท่า ในขณะที่ค่าที่คำนวณได้มีค่าประมาณ 2.3 – 2.8 เท่า ทั้งนี้เป็นการคำนวณที่อัตราการลำเลียงคงที่สูงสุด (1,750 ton/hr)

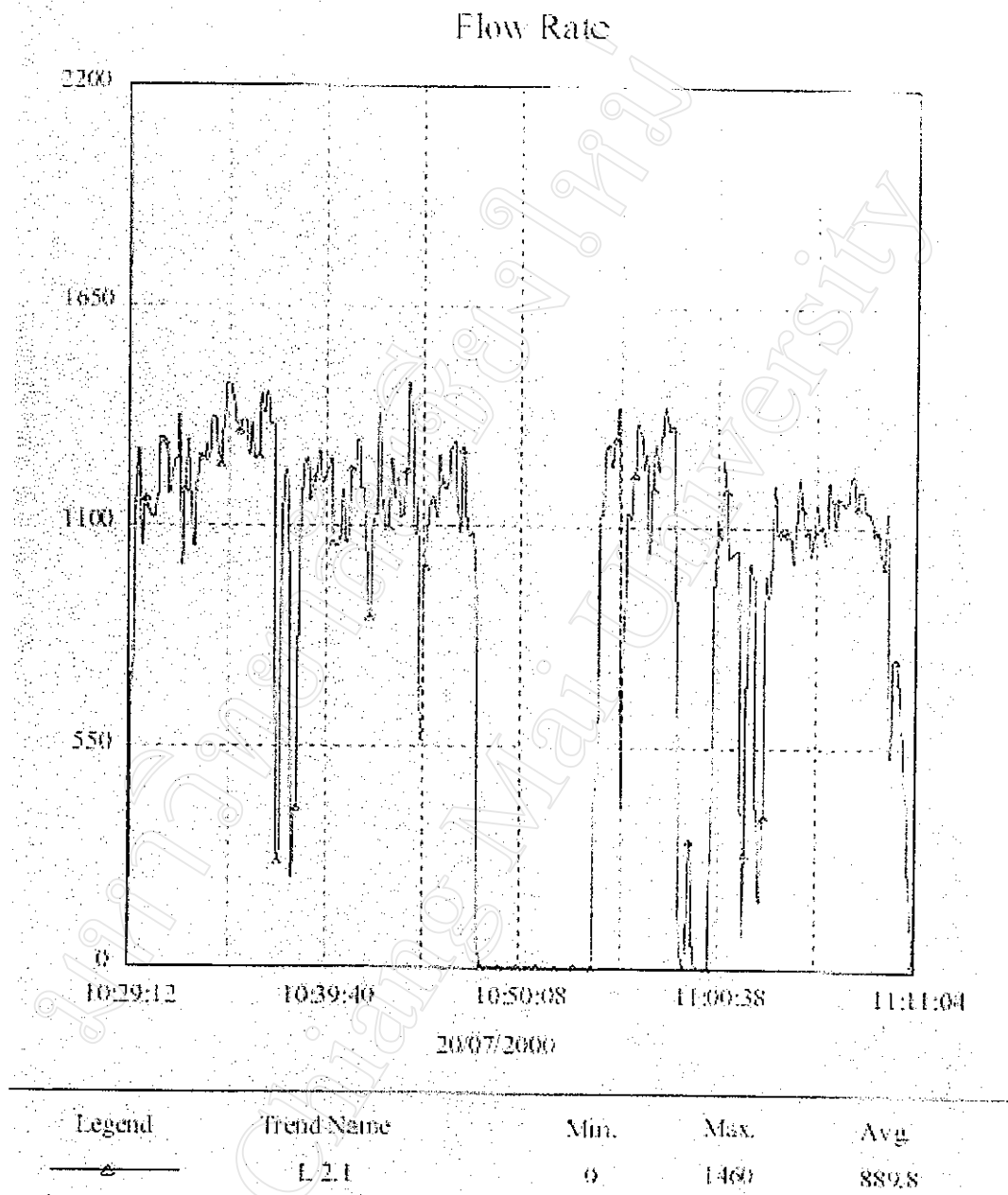
การทดสอบการทำงานของสายพานลำเลียงขณะฉีดพ่นน้ำลงบนถ่านหินเพื่อระงับฝุ่นละออง พบว่าสายพานลำเลียงยังคงทำงานได้เป็นปกติ แม้บางช่วงที่ไม่มีถ่านหินลำเลียงบนสายพานเพราะการลำเลียงไม่ต่อเนื่องทำให้น้ำถูกฉีดพ่นลงบนสายพานโดยตรง ก็พบว่าสายพานลำเลียงยังคงทำงานได้เป็นปกติ กำลังขับเคลื่อนสายพานลำเลียงขณะทำงานแบบมีภาระและฉีดพ่นน้ำระงับฝุ่นละอองด้วย พบว่าค่าที่วัดได้ไม่มีความแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัดเมื่อเทียบกับการทำงานขณะที่ลำเลียงโดยไม่ฉีดพ่นน้ำระงับฝุ่นละออง (ผลการวัดปริมาณฝุ่นละอองแสดงตามตาราง ก36 และ ก37)

4.1.3 อัตราการลำเลียง

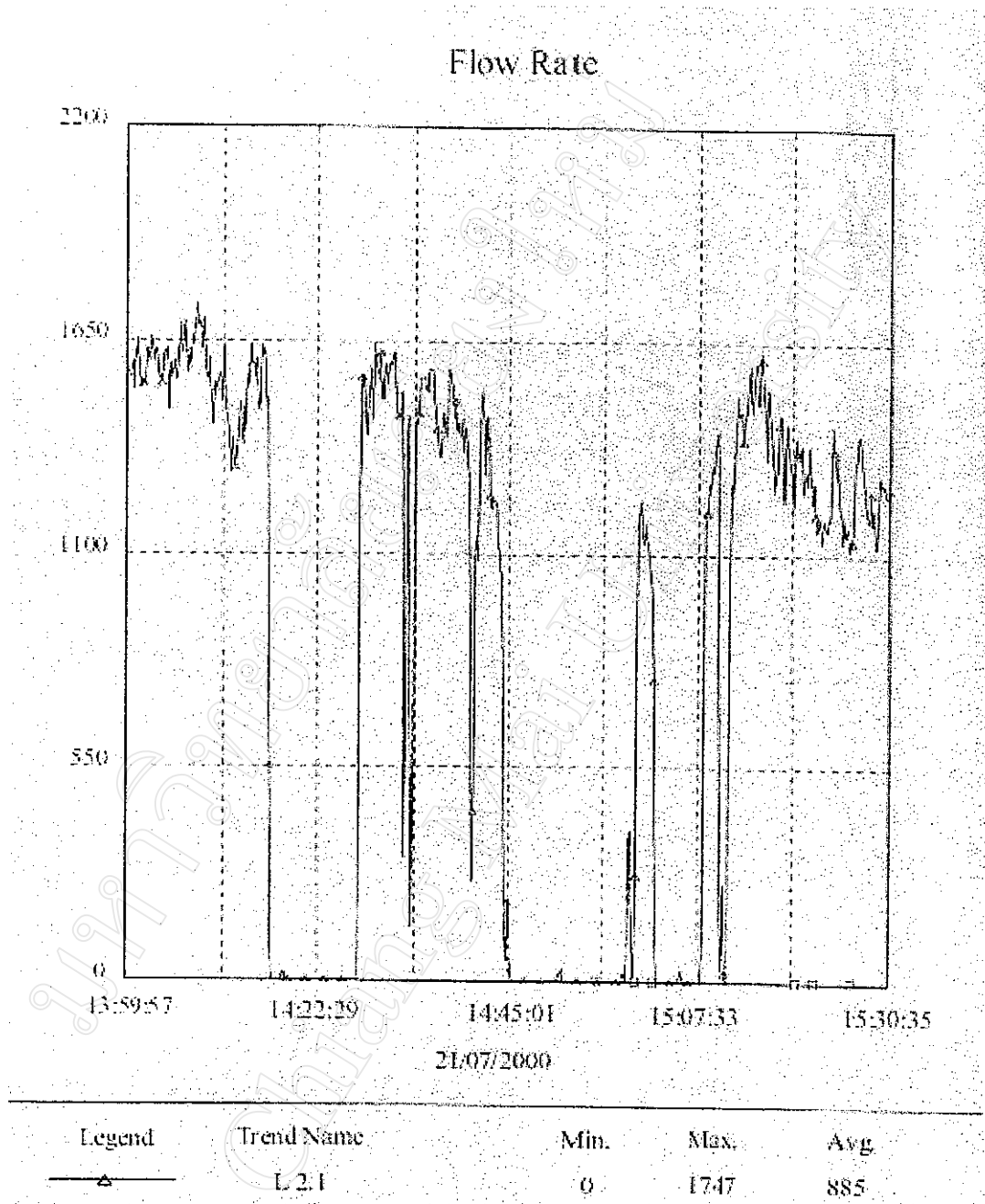
อัตราการลำเลียงของสายพานลำเลียงขณะทำการทดสอบเก็บข้อมูล วัดได้โดยเครื่องชั่งที่ติดตั้งบนสายพานลำเลียง ซึ่งอยู่ถัดจากสายพานลำเลียง D1 แสดงดังรูปที่ 4.10 - 4.12 จะพบว่าอัตราการลำเลียงไม่คงที่ โดยมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา และบางช่วงไม่มีการลำเลียงทำให้สายพานทำงานแบบไม่มีภาระ



รูปที่ 4.10 อัตราการลำเลียงขณะทดสอบการทำงานของสายพาน D1 (เดินน้ำ)



รูปที่ 4.11 อัตราการลำเลียงขณะทดสอบการทำงานสายพาน D1 (ย้อนกลับ)



รูปที่ 4.12 อัตราการปล่อยขณะทดสอบการทำงานสายพาน D1 (เดินหน้า,ฉีดพ่นน้ำระจับฝุ่น)

4.2 วิเคราะห์ผลการวิจัย

4.2.1 การเปลี่ยนแปลงแรงดึงสายพาน

การเปลี่ยนแปลงแรงดึงสายพานซึ่งเป็นไปตามช่วงการทำงาน จากผลที่สังเกตได้ทำให้ทราบว่าแรงดึงด้านหย่อน (T_2) จะมีค่าลดลงมากที่สุดขณะเริ่มเดินเครื่องและมีค่าเพิ่มขึ้นมากที่สุดขณะหยุดทำงาน ส่วนแรงดึงด้านตึง (T_1) จะมีค่าเพิ่มขึ้นมากที่สุดขณะเริ่มเดินเครื่องและมีค่าลดลงมากที่สุดขณะหยุดทำงาน เนื่องจากขณะเริ่มเดินเครื่อง สายพานจะถูกดึงทางด้านตึง (tight side) ทำให้แรงดึงในสายพานมีค่ามากขึ้น ในขณะที่สายพานจะถูกผลักทางด้านหย่อน (slack side) ทำให้แรงดึงในสายพานมีค่าลดลง ในทางกลับกันขณะหยุดทำงาน สายพานจะถูกดึงทางด้านหย่อนของการขับเคลื่อนเป็นด้านตึงของการเบรก ทำให้แรงดึงในสายพานมีค่ามากขึ้น ในขณะที่สายพานจะถูกผลักทางด้านตึงของการขับเคลื่อนเป็นด้านหย่อนของการเบรก ทำให้แรงดึงในสายพานมีค่าลดลง ส่วนการเปลี่ยนแปลงในขณะที่สายพานลำเลียงทำงานในสภาวะคงที่ จะเป็นไปได้ในลักษณะเดียวกับช่วงเริ่มเดินเครื่อง แต่จะมีค่าน้อยกว่า

4.2.2 การเปลี่ยนแปลงกำลังขับเคลื่อนสายพานลำเลียง

เมื่อทดสอบการทำงานพบว่า เมื่อเทียบกับช่วงเวลาต่างกัน สายพานลำเลียงใช้กำลังขับเคลื่อนต่างจากเดิม เนื่องจากแรงเสียดทานรวมของสายพานลำเลียงมีค่าไม่เท่าเดิม ซึ่งอาจเกิดจากการปรับสายพานไม่ให้เลื่อนไถล (Slide) โดยปรับลูกกลิ้ง หรือการเปลี่ยนอุปกรณ์ เป็นต้น

เมื่อเปรียบเทียบค่าที่ออกแบบโดยการคำนวณ สำหรับการทำงานขณะไม่มีภาระ พบว่าถ้าปรับแรงดึงสายพานให้มีค่าเท่ากับที่คำนวณได้จะใช้กำลังขับเคลื่อนใกล้เคียงกับที่ออกแบบไว้ โดยเฉพาะการคำนวณตามวิธี DIN 22101 ส่วนค่าที่คิดตามวิธี JIS B8805 จะได้กำลังขับเคลื่อนน้อยกว่าค่าที่วัดได้ สำหรับการทำงานขณะมีภาระไม่สามารถเปรียบเทียบได้ เนื่องจากภาระที่ลำเลียงไม่คงที่ ดังรูปที่ 4.10 - 4.12 และในทางปฏิบัติแล้วจะไม่สามารถควบคุมภาระให้คงที่ได้เลยเนื่องจากลักษณะที่ถ่านหินถูกไม่ส่งมาตามสายพานลำเลียง ไม่สามารถควบคุมปริมาณที่ปล่อยออกมาให้คงที่ได้อย่างสมบูรณ์

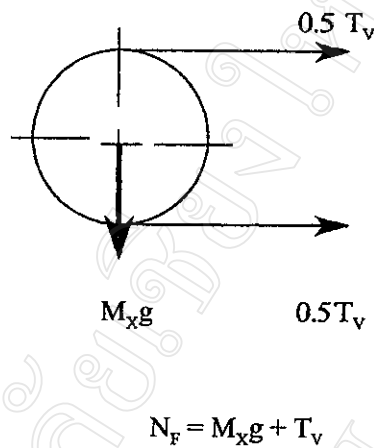
พิจารณาสมการ $P = (T_1 - T_2)v = T_E v$ จะเห็นว่า T_E เป็นส่วนที่มีผลต่อกำลังขับเคลื่อนสายพานลำเลียง เมื่อ v คงที่ กำลังขับเคลื่อนจะเปลี่ยนแปลงตามแรงเสียดทานที่ด้านการเคลื่อนที่ ซึ่งมีค่าเท่ากับแรงดึงยังผล T_E

เมื่อปรับแรงดึงสายพานด้วยแรง T_v จะทำให้เกิดแรงเสียดทานจากตลับลูกปืนของมู่เล่ ปริมาณแรงเสียดทานนี้จะรวมอยู่ในสมการที่ใช้ในการออกแบบสายพานลำเลียงอยู่แล้ว [จัดอยู่ในส่วนของแรงเสียดทานรอง (secondary resistance)]

จากการศึกษาของ Vierling, 1958 แรงเสียดทานที่มู่เล่จะมีค่าเท่ากับ $0.005(d/D)N_F$

โดยที่ d = เส้นผ่านศูนย์กลางของเพลลา, D = เส้นผ่านศูนย์กลางของมู่เล่,

N_F = แรงปฏิกิริยาที่ตลับลูกปืน



รูปที่ 4.13 แรงปฏิกิริยาที่ตลับลูกปืนของมู่เล่

เมื่อวิเคราะห์กำลังขับเคลื่อนสายพานลำเลียงที่ได้จากการปรับแรงดึงสายพานค่าต่างๆในสถานะไม่มีภาระ ซึ่งแสดงดังรูปที่ 4.5 และ 4.7 จะเห็นว่าเมื่อแรงดึงปรับเปลี่ยนจะทำให้ใช้กำลังขับเคลื่อนมากขึ้น หมายความว่าเกิดแรงเสียดทานมากขึ้นในระบบ

จากสมการกำลังขับเคลื่อน $P = (T_1 - T_2)v = T_E v = F_P v$

ที่สถานะไม่มีภาระ $P_1 = F_1 v$ โดยที่ $F_1 = C f l g M$

เมื่อปรับแรงดึงสายพานเพิ่มขึ้นให้มีค่าเท่ากับ ΔT_v ที่สถานะไม่มีภาระพบว่าอัตราการเปลี่ยนแปลงกำลังขับเคลื่อนสายพานลำเลียงแปรผันโดยตรงกับแรงดึงปรับสายพานลำเลียง เมื่อให้มีค่าเป็น F_{IV} และหาความชันจากกราฟซึ่งกำหนดให้มีค่าเป็น f_{vc} สำหรับสายพานลำเลียง DI จะได้ค่าประมาณ 0.029

ดังนั้นจึงอาจกำหนดสมการของแรงเสียดทานและสมการกำลังขับเคลื่อนของสายพานลำเลียงขณะทำงานแบบไม่มีภาระได้ดังนี้

$$F_{IV} = F_1 + f_{vc} \Delta T_v$$

$$P_{IV} = F_{IV} v = (F_1 + f_{vc} \Delta T_v) v$$

โดยค่า f_{vc} จะเป็นค่าสำหรับสายพานลำเลียงแต่ละเส้น เนื่องจากสายพานลำเลียงแต่ละเส้นมีความยาว, ลักษณะการติดตั้งมู่เล่และจำนวนมู่เล่แตกต่างกัน เมื่อพิจารณาการสลีป สำหรับการขับเคลื่อนสายพานต้องการให้ $T_1/T_2 \leq e^{\mu \alpha}$ เมื่อปรับแรงดึงสายพานมากขึ้นทำให้ได้ค่า T_2 มากขึ้น สัดส่วน

ของ T_1/T_2 จะมีค่าลดลงจนกระทั่ง $T_1/T_2 \leq e^{\mu\alpha}$ ทำให้จับสายพานได้ขณะที่ T_1 จะมีค่ามากขึ้นตามไปด้วย หมายความว่าแรงเสียดทานรวมในสายพานลำเลียง (T_E) มีค่าเปลี่ยนแปลงตามสัดส่วนที่เพิ่มขึ้นของแรงคึงด้านคึงกับแรงคึงด้านหย่อน

จากข้อมูลที่ได้จะเห็นว่าในกรณีที่ไม่มีภาระถ้าปรับแรงคึงสายพานมากขึ้นจะทำให้เกิดแรงเสียดทานในสายพานลำเลียงเพิ่มขึ้น (T_E มีค่ามากขึ้น)

สำหรับการทำงานของสายพานลำเลียงในขณะที่มีภาระ แรงเสียดทานที่เกิดจากการปรับแรงคึงสายพานเพิ่มไม่สามารถสังเกตได้ เนื่องจากแรงเสียดทานที่เกิดขึ้นมีสัดส่วนน้อยมาก

ผลกระทบเมื่อปรับแรงคึงสายพานเพิ่มขึ้นคือจะทำให้สายพานและอุปกรณ์ที่รับแรงคึงต้องรับภาระมากขึ้น ซึ่งจะส่งผลให้เกิดความเสียหายได้ ดังนั้นการปรับแรงคึงสายพานนอกจากจะพิจารณาจากแรงคึงสายพานต่ำสุดที่จับสายพานได้และสายพานไม่คดท้องข้างมากเกินไปแล้ว ควรพิจารณาแรงคึงสายพานที่ได้จากการคำนวณประกอบการตัดสินใจด้วยจะช่วยให้การทำงานของสายพานลำเลียงมีความปลอดภัยมากขึ้น การใช้สายคาดว่าสายพานคึงมากน้อยแค่ไหนเพียงอย่างเดียวจะทำให้เกิดความผิดพลาดในการปรับแรงคึงสายพานได้

กรณีที่ระยะติดตั้งลูกกลิ้งมีค่ามากขึ้นเช่นการลดลูกกลิ้งที่ขำรุดออก จะทำให้ลูกกลิ้งที่ติดตั้งติดกับตัวที่ถูดออกรับภาระมากขึ้นและสายพานจะคดท้องข้างมากขึ้น (ถ้าไม่ปรับแรงคึงเพิ่ม) ซึ่งจะให้มีแรงเสียดทานจากการคดท้องข้างมากขึ้น โดยที่แรงเสียดทานจากการคดท้องข้างมีค่ามากกว่าแรงเสียดทานจากดลัฏบึงของลูกกลิ้ง (Handali, Benjamin. 1990) แต่ถ้าปรับแรงคึงเพิ่มเพื่อไม่ให้สายพานคดท้องข้างมาก ก็จะทำให้อุปกรณ์ของสายพานลำเลียง โดยเฉพาะมู่เล่รับแรงมากขึ้น และมีแรงเสียดทานเพิ่มที่มู่เล่ ตามการวิเคราะห์ข้างต้น ดังนั้นจึงควรนำลูกกลิ้งที่มีสภาพดีไปติดตั้งแทนลูกกลิ้งที่ถูดออกไป

เมื่อทดลองฉีดพ่นน้ำที่สายพานลำเลียง ในอัตราประมาณ 2,000 ลิตรต่อชั่วโมงเมื่อสายพานลำเลียงทำงานในทิศทางเดินหน้า เมื่อเทียบกับการทำงานโดยไม่ฉีดพ่นน้ำจะจับฝุ่นละอองพบว่าการทำงานของสายพานลำเลียงไม่มีความแตกต่างกันอย่างเด่นชัด แสดงว่าการใช้น้ำฉีดพ่นลงบนสายพานลำเลียงไม่มีผลต่อการทำงานของสายพานลำเลียง นอกจากการทำให้ถ่านหินที่ลำเลียงมีความชื้นมากขึ้น โดยภาระที่เพิ่มขึ้นจากการฉีดพ่นน้ำมีค่าน้อยมาก จากการคำนวณสำหรับกรณีที่มีการใช้น้ำในอัตรา 2,000 ลิตรต่อชั่วโมง ซึ่งจะทำให้ปริมาณการลำเลียงเพิ่มขึ้น 2 ตันต่อชั่วโมง (ถ้าไม่พิจารณาการที่น้ำมีการระเหยหรือกระเด็นออกไป) แรงเสียดทานและกำลังขับเคลื่อนสายพานลำเลียงที่เพิ่มขึ้นมีค่าน้อยมาก (เพิ่ม 0.07 % ที่อัตราลำเลียง 1,750 ton/hr) ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แรงต้านทานของสายพานลำเลียง D1 (เดินหน้า, มีภาระ) คิดตามวิธี DIN 22101

รายการ	สภาวะการทำงาน		$\pm \%$
	ไม่ฉีดพ่นน้ำ	ฉีดพ่นน้ำ 2,000 ลิตรต่อชั่วโมง	
แรงเสียดทานรวม, F_p [N]	17,058	17,070	0.07
กำลังขับที่มอเตอร์, P_M [kW]	72.65	72.7	0.07

4.2.3 อัตราการลำเลียง

ข้อมูลจากการวัดอัตราการลำเลียงถ่านหินในช่วงเวลาต่างๆ ต่อเนื่องกัน พบว่าอัตราการลำเลียงมีค่าไม่คงที่ แสดงว่าปริมาณถ่านที่ส่งมาจากการ โม่ไม่สม่ำเสมอ ลักษณะเช่นนี้จะมีผลทำให้ปริมาณการลำเลียงที่ได้ลดลง การลำเลียงในปริมาณที่พอเหมาะอย่างสม่ำเสมอ (ตามความสามารถของระบบการลำเลียง) จะช่วยให้ลำเลียงได้มากและเต็มประสิทธิภาพ โดยไม่เกิดปัญหาในการทำงานของระบบการลำเลียง หากการลำเลียงไม่สม่ำเสมอแต่ต้องการให้ได้ปริมาณเท่ากัน เมื่อบางช่วงเวลาอัตราการลำเลียงมีมากเกินไปอาจเกิดปัญหาในการทำงานของสายพานลำเลียงได้ เนื่องจากวัสดุถ่านออกจากสายพานลำเลียง หรือเกิดปัญหาสายพานเลื่อนไถล (Slide) อาการเหล่านี้ทำให้อุปกรณ์ของสายพานลำเลียงเสียหาย เช่น ยางกันวัสดุ (Rubber skirt) ถูกวัสดุและสายพานเบียดกับโครงสร้างของอ่างรับวัสดุจนขอบสายพานและยางกันเสียหายได้