

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การศึกษาเชิงทดลองหาพฤติกรรมการสั่นของระบบ โซ่และเฟืองโซ่  
Experimental Investigation of Vibration in Transmission system  
using Chain and Sprocket

โดย

รุ่งโรจน์ พนมวงศ์  
พงษ์ศักดิ์ เบญจคุ้ม  
อิทธิณัย หริห่อง



อาจารย์ที่ปรึกษา  
รศ.ดร.มงคล มงคลวงศ์โรจน์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล  
คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา 2546

ขอขมา  
เลขทะเบียน  
วันเดือนปี - 4 เม.ย. 2548

b  
i

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2546

ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การศึกษาเชิงทดลองหาพฤติกรรมการสั่นของระบบ โซ่และเฟือง โซ่

Experimental Investigation of Vibration in Transmission system using Chain and Sprocket

ผู้จัดทำ

1. นายรุ่งโรจน์ พนมวงศ์
2. นายพงษ์ศักดิ์ เบญจคุ้ม
3. นายอิทธิชัย หรีห่อง



อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ.ดร.มงคล มงคลวงศ์โรจน์)

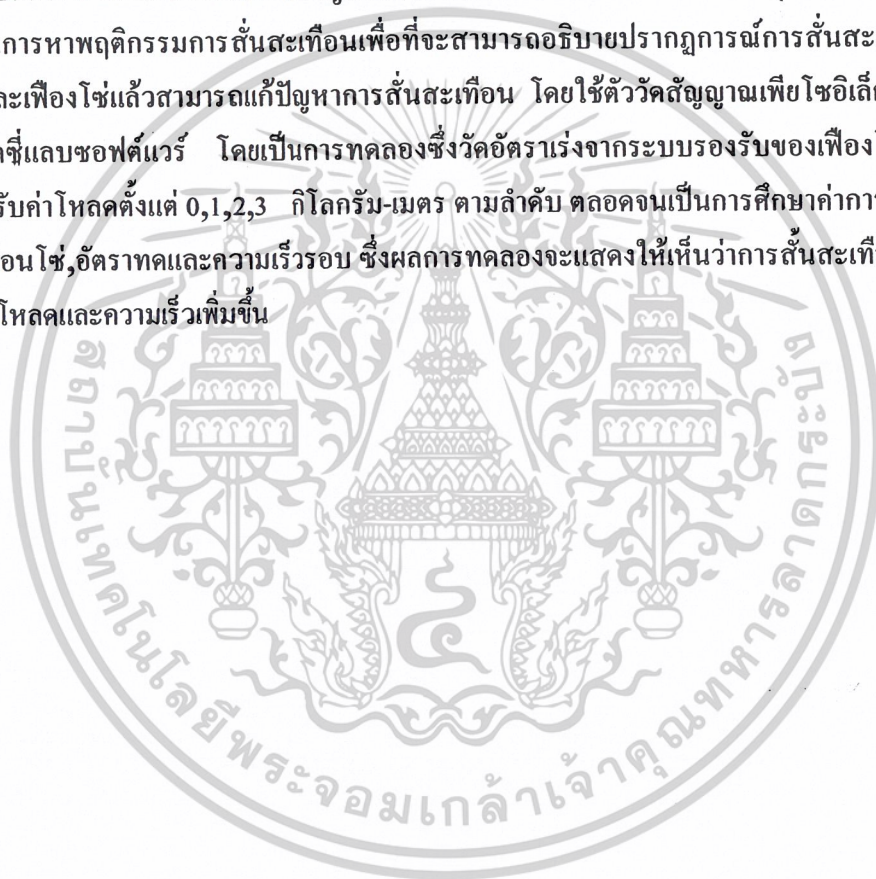
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## การศึกษาเชิงทดลองหาพฤติกรรมการสั่นของระบบโซ่และเฟืองโซ่

นายรุ่งโรจน์ พนมวงศ์	44015401
นายพงษ์ศักดิ์ เบญจคุ้ม	44015393
นายอิทธิชัย หรีหรือ่ง	44015417

### บทคัดย่อ

โครงงานนี้นำเสนอการทดลองการสั่นสะเทือนของโซ่และเฟืองโซ่โดยอาศัยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เป็นการทดลองซึ่งเกี่ยวข้องกับปัญหาของการเคลื่อนที่ทางแนวรัศมีของวัตถุ ขอบเขตของการทดลองเป็นการหาพฤติกรรมการสั่นสะเทือนเพื่อที่จะสามารถอธิบายปรากฏการณ์การสั่นสะเทือนของระบบโซ่และเฟืองโซ่แล้วสามารถแก้ปัญหาการสั่นสะเทือน โดยใช้ตัววัดสัญญาณเพียโซอิเล็กทริก เซนเซอร์และเดชีแอสลิปต์แวร์ โดยเป็นการทดลองซึ่งวัดอัตราเร่งจากระบบรองรับของเฟืองโซ่ในขณะที่เฟืองโซ่รับค่าโหลดตั้งแต่ 0,1,2,3 กิโลกรัม-เมตร ตามลำดับ ตลอดจนเป็นการศึกษาค่าการเยื้องศูนย์, ระยะห้อยโซ่, อัตราทดและความเร็วรอบ ซึ่งผลการทดลองจะแสดงให้เห็นว่าการสั่นสะเทือนจะลดลงในขณะที่โหลดและความเร็วเพิ่มขึ้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Experimental Investigation of Vibration in Transmission system using Chain and Sprocket

Rungroj Panumwong

Pongsak Benjakum

Ittinai Hreehrong

Assoc.Prof.Dr.Mongkol Mongkolwongroj

Advisor

### Abstract

This project presents experimental investigation on vibration of chains by using acceleration sensor and computer program. The experimentation that related to the problem of dynamic of chain and sprocket in radial direction. The objective of this experiments are to determine the vibration phenomena in order to describes vibration phenomena of chain and sprocket and then solving the problems of vibrations by using Piezoelectric acceleration sensors and DasyLab Software. The experimentation were set up to measure the acceleration of the frame supported the sprocket at various load torque 0,1,2,3 kg-m respectively. This experiments are also involved the effects of sprocket alignment, slack, transmission ratio and speed. Experimental results shows that the vibration decrease as the increase in load and speed

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้คงไม่อาจเสร็จได้ด้วยดี หากไม่ได้รับความช่วยเหลือและร่วมมือจาก  
หลายๆฝ่ายด้วยกัน บุคคลแรกที่ต้องกล่าวถึงเพราะเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้วิทยานิพนธ์นี้เสร็จลงได้ก็  
คือ รศ.ดร.มงคล มงคลวงศ์โรจน์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้ความเอาใจใส่แนะนำและ  
ช่วยเหลือเสมอมาซึ่งต้องขอขอบพระคุณเป็นอย่างมาก

และต้องขอขอบพระคุณบุคคลสำคัญที่สุดที่ทำให้ข้าพเจ้ามีวันนี้ ก็คือ บิดา มารดา อันเป็นที่  
เคารพยิ่ง ซึ่งได้เลี้ยงดูผู้เขียนมาเป็นอย่างดี พร้อมทั้งให้โอกาสในการศึกษาอย่างเต็มที่และยังให้  
กำลังใจเอาใจใส่เสมอมาในทุกๆ ด้านอันหาที่เปรียบมิได้ ข้าพเจ้าขอระลึกในพระคุณอันสุด  
ประมาณ และขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ

หน้าที่

บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญภาพ	X
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความสำคัญและที่มา	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	1
1.4 วิธีการดำเนินงาน	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	
2.1 โซโรลเลอร์	3
2.2 เฟืองโซ่	3
2.3 การส่งกำลัง	4
2.4 แรงในแนวเส้นสัมผัส	5
2.5 แรงค้ำยันต้น	6
2.6 แรงหนีศูนย์กลาง	7
2.7 ผลจากการเป็นรูปหลายเหลี่ยม	7
2.8 แรงกระแทก	9
บทที่ 3 การคำนวณการสร้างและการออกแบบชุดทดลอง	
3.1 มอเตอร์ส่งกำลัง	10
3.2 คลັบลีจ	10
3.3 ขนาดเพลา	11
3.4 ขนาดแบร์ริง	11
3.5 ชุดโซ่และเฟืองโซ่	11
3.6 ฐานชุดทดลอง	12
บทที่ 4 วิธีการทดลอง	
4.1 ทำการติดตั้งชุดทดลอง	14
4.2 ทำการทดลองเปลี่ยนแปลงตัวแปรของระบบในแต่ละค่า	14
4.3 การเก็บผลการทดลอง	15
บทที่ 5 ผลการทดลอง	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	5.1 การวัดสัญญาณการสั้นสะเทือน	14
	5.2 ค่าเฉลี่ยการสั้นสะเทือน	15
	5.3 วิเคราะห์ผลการทดลอง	41
บทที่	6 สรุป	
	6.1 สรุปผลการทดลอง	42
	6.2 ข้อเสนอแนะ	42
	ภาคผนวก ก	
	ภาคผนวก ข	
	ภาคผนวก ค	
บรรณานุกรม		



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญภาพ

รูปที่		หน้าที่
2.1	โซ่โรลเลอร์	3
2.2	เฟืองโซ่สำหรับโซ่โรลเลอร์	4
2.3	การเคลื่อนที่ของโรลเลอร์ขณะส่งกำลัง	4
2.4	การส่งกำลังจากเฟืองโซ่ไปยังโซ่โรลเลอร์	5
2.5	การแยกแรงหนีศูนย์กลาง $F_c$ ออกเป็นแรงย่อย $F_{ct}$	7
2.6	ผลของการเป็นรูปหลายเหลี่ยมต่อการเคลื่อนที่ของโซ่ โดยความเร็วรอบของเฟืองโซ่คงที่ แสดงการพอสตเฟืองโซ่ที่มี 6 ฟัน กับมุมหมุน $\phi$ และ $\Delta V_{\max} = 4.5V/100$	8
3.1	ส่วนประกอบของชุดทดลอง	10
3.2	ชุดโซ่และเฟืองโซ่	11
3.3	ชุดเฟืองโซ่	11
3.4	ชุดโซ่	12
3.5	ชุดทดลองและฐานชุดทดลอง	12
3.6	แสดงฐานเครื่องทดลอง	12
3.7	แสดงรางเลื่อน	13
3.8	แสดงการวางรางเลื่อน	13
4.1	ไดอะแกรมการวัดการสั่นสะเทือน	14
4.2	แสดงการติดตั้งเซนเซอร์วัดการสั่นสะเทือนทั้ง 2 แนวแกน	13
5.1.1	แสดงผลในแนวแกน Y	14
5.2.2	แสดงผลในแนวแกน X	14
5.1.3	กราฟ Power Spectrum แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับความถี่	15
5.2	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะขจัดกับอัตราคที่ข้อต่อ 100 ระยะหย่อน 2 cm	18
5.3	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะขจัดกับอัตราคที่ข้อต่อ 100 ระยะหย่อน 3 cm	18
5.4	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะขจัดกับอัตราคที่ข้อต่อ 100 ระยะหย่อน 4 cm	19
5.5	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะขจัดกับอัตราคที่ข้อต่อ 100 ระยะหย่อน 5 cm	19
5.6	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะขจัดกับอัตราคที่ข้อต่อ 90 ระยะหย่อน 1 cm	20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.7	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะขจัดกับอัตราคที่ข้อต่อ 90 ระยะหย่อน 2 cm	20
5.8	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะขจัดกับอัตราคที่ข้อต่อ 90 ระยะหย่อน 3 cm	21
5.9	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะขจัดกับอัตราคที่ข้อต่อ 90 ระยะหย่อน 3 cm	21
5.10	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะขจัดกับอัตราคที่ข้อต่อ 90 ระยะหย่อน 5 cm	22
5.11	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะขจัดกับอัตราคที่ข้อต่อ 80 ระยะหย่อน 1 cm	22
5.12	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะขจัดกับอัตราคที่ข้อต่อ 80 ระยะหย่อน 2 cm	23
5.13	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะขจัดกับอัตราคที่ข้อต่อ 80 ระยะหย่อน 3 cm	23
5.14	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะขจัดกับอัตราคที่ข้อต่อ 80 ระยะหย่อน 4 cm	24
5.15	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะขจัดกับอัตราคที่ข้อต่อ 80 ระยะหย่อน 5 cm	24
5.16	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะขจัดกับอัตราค	25
5.17	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะขจัดกับจำนวนข้อต่อ โข้ ที่ระยะหย่อน โข้ 1 cm อัตราค 1.46	25
5.18	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะขจัดกับจำนวนข้อต่อ โข้ ที่ระยะหย่อน โข้ 2 cm อัตราค 1.46	26
5.19	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะขจัดกับจำนวนข้อต่อ โข้ ที่ระยะหย่อน โข้ 3 cm อัตราค 1.46	26
5.20	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะขจัดกับจำนวนข้อต่อ โข้ ที่ระยะหย่อน โข้ 4 cm อัตราค 1.46	27
5.21	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะขจัดกับจำนวนข้อต่อ โข้ ที่ระยะหย่อน โข้ 5 cm อัตราค 1.46	27
5.22	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะขจัดกับจำนวนข้อต่อ โข้ ที่ระยะหย่อน โข้ 1 cm อัตราค 1.64	28
5.23	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะขจัดกับจำนวนข้อต่อ โข้ ที่ระยะหย่อน โข้ 2 cm อัตราค 1.64	28
5.24	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะขจัดกับจำนวนข้อต่อ โข้	

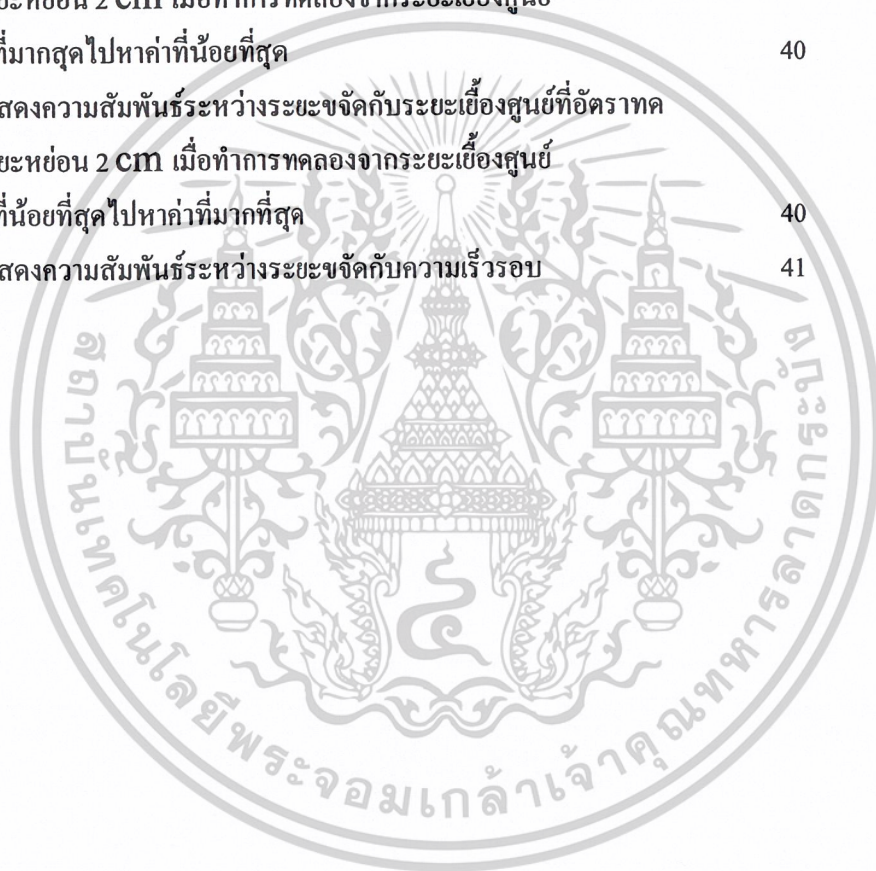
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับบริการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	ที่ระยะหย่อนโซ่ 3 cm อัตราทด 1.64	29
5.25	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะขจัดกับจำนวนข้อต่อโซ่ ที่ระยะหย่อนโซ่ 4 cm อัตราทด 1.64	29
5.26	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะขจัดกับจำนวนข้อต่อโซ่ ที่ระยะหย่อนโซ่ 5 cm อัตราทด 1.64	30
5.27	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะขจัดกับจำนวนข้อต่อโซ่ ที่ระยะหย่อนโซ่ 1 cm อัตราทด 1.12	30
5.28	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะขจัดกับจำนวนข้อต่อโซ่ ที่ระยะหย่อนโซ่ 2 cm อัตราทด 1.12	31
5.29	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะขจัดกับจำนวนข้อต่อโซ่ ที่ระยะหย่อนโซ่ 3 cm อัตราทด 1.12	31
5.30	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะขจัดกับจำนวนข้อต่อโซ่ ที่ระยะหย่อนโซ่ 4 cm อัตราทด 1.12	32
5.31	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะขจัดกับจำนวนข้อต่อโซ่ ที่ระยะหย่อนโซ่ 5 cm อัตราทด 1.12	32
5.32	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะขจัดกับจำนวนข้อต่อโซ่	33
5.33	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะขจัดกับระยะหย่อนโซ่ ที่ข้อต่อโซ่ 100 อัตราทด 1.12	33
5.34	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะขจัดกับระยะหย่อนโซ่ ที่ข้อต่อโซ่ 90 อัตราทด 1.12	34
5.35	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะขจัดกับระยะหย่อนโซ่ ที่ข้อต่อโซ่ 80 อัตราทด 1.12	34
5.36	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะขจัดกับระยะหย่อนโซ่ ที่ข้อต่อโซ่ 100 อัตราทด 1.46	35
5.37	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะขจัดกับระยะหย่อนโซ่ ที่ข้อต่อโซ่ 90 อัตราทด 1.46	35
5.38	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะขจัดกับระยะหย่อนโซ่ ที่ข้อต่อโซ่ 80 อัตราทด 1.46	36
5.39	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะขจัดกับระยะหย่อนโซ่ ที่ข้อต่อโซ่ 100 อัตราทด 1.64	36
5.40	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะขจัดกับระยะหย่อนโซ่ ที่ข้อต่อโซ่ 90 อัตราทด 1.64	37
5.41	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะขจัดกับระยะหย่อนโซ่ ที่ข้อต่อโซ่ 80 อัตราทด 1.64	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.42	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะจัดกับระยะหย่อนโซ่ ที่ข้อต่อโซ่ 100 อัตราทด 1.8	38
5.43	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะจัดกับระยะหย่อนโซ่ ที่ข้อต่อโซ่ 90 อัตราทด 1.8	38
5.44	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะจัดกับระยะหย่อนโซ่ ที่ข้อต่อโซ่ 80 อัตราทด 1.8	39
5.45	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะจัดกับระยะหย่อนของโซ่	39
5.46	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะจัดกับระยะเชิงศูนย์ที่อัตราทด 1.8 ระยะหย่อน 2 cm เมื่อทำการทดลองจากระยะเชิงศูนย์ จากค่าที่มากที่สุดไปหาค่าที่น้อยที่สุด	40
5.47	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะจัดกับระยะเชิงศูนย์ที่อัตราทด 1.8 ระยะหย่อน 2 cm เมื่อทำการทดลองจากระยะเชิงศูนย์ จากค่าที่น้อยที่สุดไปหาค่าที่มากที่สุด	40
5.48	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะจัดกับความเร็วรอบ	41



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความสำคัญและที่มา

ในปัจจุบันได้มีการใช้เครื่องจักรกลที่ใช้ระบบส่งกำลังด้วยโซ่กันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากมีลักษณะคล้ายกับการขับเคลื่อนด้วยสายพาน โซ่จะคล้องอยู่กับโซ่หรือเฟืองโซ่ ซึ่งติดอยู่บนเพลาคับและเพลาดตามอัตราทดของการขับจะขึ้นอยู่กับขนาดของเฟืองโซ่ทั้งสอง และการขับด้วยโซ่นี้จะไม่มี การสลิปเกิดขึ้นระหว่างโซ่กับเฟืองโซ่ มีความไวใจได้และถูกต้องตามหลักเศรษฐศาสตร์จึงนิยมใช้มาก เช่น ในการส่งกำลังของเครื่องยนต์ , เครื่องมือกล , เครื่องทอผ้า , เครื่องจักรกลงานไม้ , เครื่องพิมพ์ , ในการขนถ่ายวัสดุ และโดยเฉพาะอย่างยิ่งเครื่องกลการเกษตร การขับด้วยโซ่มีข้อดีอยู่ระหว่างการขับเคลื่อนด้วยสายพาน และการขับเคลื่อนด้วยเฟือง ทางด้านราคา สมรรถนะในการส่ง กำลัง และการบำรุงรักษา ซึ่งโซ่สามารถขับได้ในระยะทางไกลกว่าสายพาน และขับได้พร้อมกันหลายๆ เพลา ซึ่งมีทิศทางหมุนตามกันหรือสวนทางกันได้ ซึ่งสิ่งจำกัดในการส่งกำลังด้วยโซ่ เมื่อใช้งานด้วยความเร็วปานกลางจนถึงความเร็วสูงก็คือ การสึกหรอของข้อต่อและความต้านทานแรงฉีกของวัสดุชิ้นส่วนโซ่ ถ้าใช้งานด้วยความเร็วสูงจะต้องคำนึงแรงที่เกิดขึ้นในโซ่ เนื่องจากแรงหนีศูนย์กลางในการขับโซ่โดยใช้โซ่หลายเส้นขนานกันเป็นสองชั้น หรือ สามชั้น อาจทำให้แรงที่กระทำกับโซ่ไม่กระจายไปเท่าๆ กันตลอด ความกว้างของโซ่ และถ้าหล่อลื่นไม่ดีพอก็จะเป็นสาเหตุประการสำคัญที่ทำให้โซ่สึกหรอ แล้วเกิดการสั่นสะเทือนได้มาก ซึ่งจะลดความต้านทานแรงฉีกของวัสดุได้อย่างมาก โดยทั่วไปโซ่จะมีระดับขั้นเสริมมากกว่า 2 และการทดลองจึงจำเป็นต้องอาศัยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการวิเคราะห์ซึ่งจะทำให้ได้ผลการทดลองที่แม่นยำมากขึ้นในการทดลอง

### 1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

- 1.2.1 เพื่อศึกษาปัญหาจากการสั่นสะเทือนของระบบโซ่และเฟืองโซ่
- 1.2.2. เพื่อศึกษาสภาพการทำงานที่เหมาะสมของระบบ โซ่และเฟืองโซ่
- 1.2.3. เพื่อหาระยะขจัด อัตราเร็ว อัตราเร่งของระบบโซ่และเฟืองโซ่

### 1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

- 1.3.1 โครงการนี้เป็นระบบการศึกษาเชิงทดลองหาพฤติกรรมการสั่นสะเทือนของระบบโซ่และเฟืองโซ่
- 1.3.2 เพื่อศึกษาสภาพการทำงานที่เหมาะสมของระบบโซ่และเฟืองโซ่
- 1.3.3 ทำการทดลองปรับความเร็วรอบโดยไม่เกิน 1,500 rpm
- 1.3.4 ทำการทดลองที่ปรับสภาวะการรับโหลดโดยไม่เกิน 3 kg-m

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3.5 ทำการเปลี่ยนแปลงอัตราทดหรือจำนวนฟันเฟือง, จำนวนข้อต่อโซ่, ระยะหย่อนของโซ่, ระยะเยื้องศูนย์และความเร็วรอบ

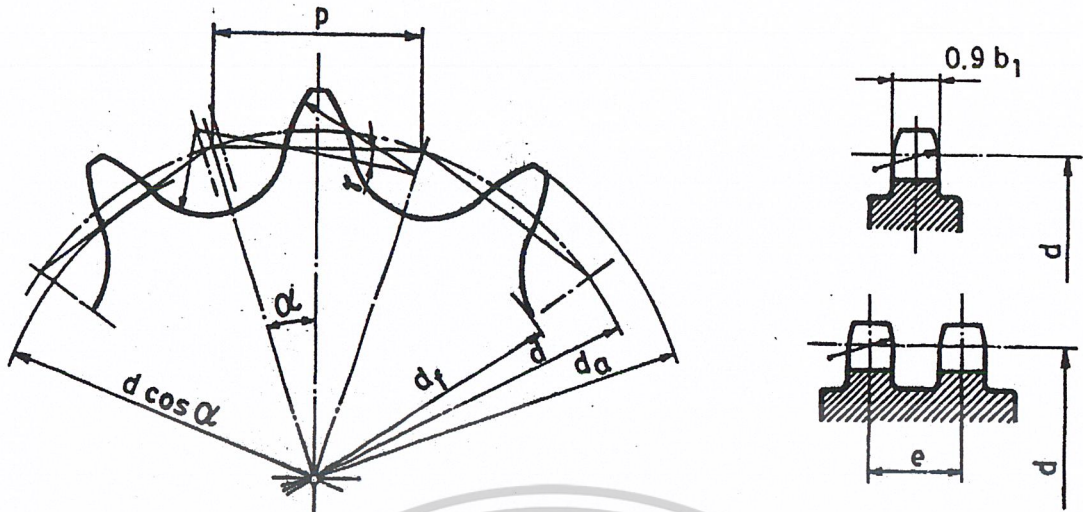
1.3.6 ทำการวัดอัตราเร่งของการสั่นสะเทือนในแนวแกน X และ แกน Y

#### 1.4 วิธีการดำเนินงาน

งานวิจัยในโครงการนี้จะเริ่มด้วยการศึกษาทฤษฎีพื้นฐานต่างๆที่ใช้ในการออกแบบชุดการทดลองแล้วทำการออกแบบการทดลอง จากนั้นจึงทำการวิเคราะห์ผลเสียและผลกระทบจากการออกแบบเพื่อทำการสร้างชุดการทดลองที่เหมาะสมแล้วทำการสร้างชุดการทดลอง

จากนั้นก็เริ่มเข้าสู่ขั้นตอนของการพัฒนาโปรแกรมที่ใช้ในการใช้วัดการสั่นสะเทือนโดยโดยใช้ตัววัดสัญญาณเพียโซอิเล็กทริกเซนเซอร์ต่อเข้ากับประกับเบริงในแกน X และ แกน Y ของเพลตามแล้วส่งสัญญาณเข้าคอมพิวเตอร์เพื่อทำการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมเคซีแลบซอฟต์แวร์ที่จัดเตรียมไว้ ดำเนินการทดลองเปลี่ยนแปลงตัวแปรแต่ละตัวซึ่งได้แก่ อัตราทด 4 จำนวนได้แก่ 1.12, 1.46, 1.64, 1.8, จำนวนข้อต่อโซ่ 3 จำนวนได้แก่ 100, 90, 80 ข้อ, ระยะหย่อนของโซ่ 5 ระยะได้แก่ 1, 2, 3, 4, 5 เซนติเมตร, ระยะเยื้อง 4 จำนวนได้แก่ 2.5, 5.0, 7.5 และ 10.0 mm, ความเร็วรอบและโหลด 4 จำนวนได้แก่ 0, 1, 2, 3 kg-m ซึ่งได้ทั้งหมด 245 การทดลองซึ่งจะได้กราฟ 2 แนวแกนตั้งรูป ทำการหาค่าเฉลี่ยระยะขจัดในแต่ละการทดลองแล้วนำมาสร้าง กราฟเปรียบเทียบตัวแปรที่มีผลต่อการสั่นสะเทือนดังรูปวิเคราะห์ผลการทดลอง

สำหรับบทที่ 4 ก็จะเป็นการทดลองทั้งหมด และบทที่ 5 ซึ่งเป็นผลการทดลองและบทที่ 6 บทสุดท้ายก็จะเป็นการสรุปผลการทดลองและผลที่ได้รับจากงานวิจัยชิ้นนี้ตลอดจน แนวทางในการพัฒนา งานวิจัยนี้เพิ่มเติม และข้อเสนอแนะ



รูปที่ 2.2 เฟืองโซ่สำหรับโซ่โรลเลอร์

ลักษณะของฟันเฟืองโซ่จะต้องทำให้การเคลื่อนที่ของโรลเลอร์เป็นไปได้อย่างสะดวก ซึ่งจะเห็นการเคลื่อนที่ของโรลเลอร์เป็นไปได้อย่างสะดวกดังรูป 2.3 นอกจากนี้อาจจะมีลักษณะแตกต่างกันไปตามความต้องการ เพื่อให้โซ่มีมุมกด  $\gamma$  ตามความต้องการ



รูปที่ 2.3 การเคลื่อนที่ของโรลเลอร์ขณะส่งกำลัง

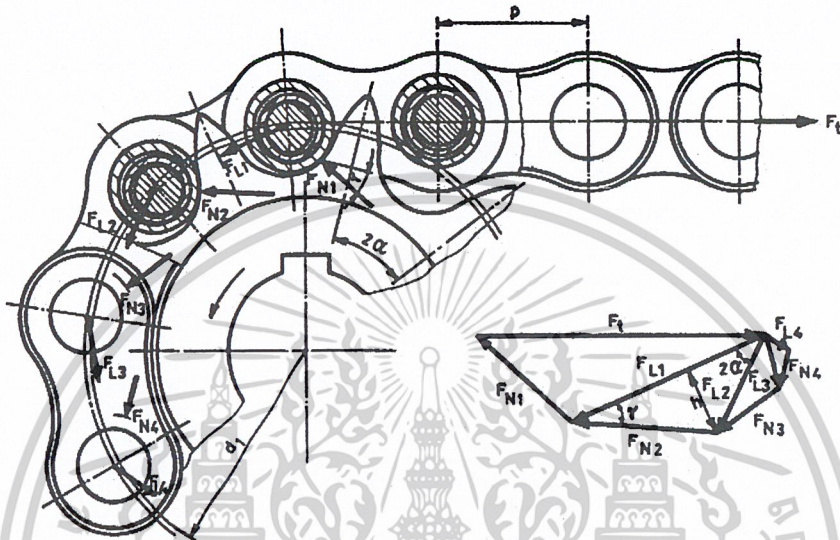
เฟืองโซ่สำหรับโซ่โรลเลอร์และโซ่บุงดังรูป 2.2 จะมีมุมกดแตกต่างกันไปมาก ถ้ามุมกด  $\gamma$  โดมากจะทำให้โซ่ยึดออกไกลเคียงกันทุกข้อ แต่จะต้องทำให้โซ่ด้านหย่อนตึงขึ้น และทำให้เกิดเสียงดังในขณะขับมากขึ้น

### 2.3 การส่งกำลัง

ในขณะส่งกำลังแรงในแนวเส้นสัมผัส  $F_t$  ที่เกิดจากโซ่กระทำกับฟันเฟืองโซ่ มีลักษณะดังรูป 2.4 ซึ่งจะเห็นได้ว่าแรงตามแนวยาวของโซ่  $F_L$  จะลดลงจากฟันหนึ่งไปยังอีกฟันหนึ่ง แผนภาพของแรงในรูป 2.4 สร้างขึ้นได้โดยถือว่าที่ข้อต่อทุกข้อ ผลรวมของแรงบนข้อต่อตามแนวยาว  $F_L$  และในแนวตั้งฉาก  $F_N$  จะต้องเท่ากับศูนย์ จะเห็นได้ว่าถ้ามุมสัมผัสของโซ่กับเฟืองโซ่มีค่าน้อยและมุมกด  $\gamma$  มีค่ามาก จะมีแรงเหลืออยู่ในโซ่ทางค้ำยันหย่อนมาก (คือแรง  $F_{L4}$  ดังรูป 2.4)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แรงตามแนวยาวของโซ่  $F_L$  เป็นแรงที่ทำให้โซ่ยืด ถ้ามีค่าน้อยโซ่ก็จะมีค่าน้อยลงมุมที่ข้อต่อโซ่หมุนไปในขณะขับโดยเฟืองโซ่มีค่าเท่ากับ 180 องศาหารด้วยจำนวนฟัน  $z$  ของเฟืองโซ่ ดังนั้นถ้าเฟืองโซ่มีจำนวนฟันน้อย มุมหมุนของข้อต่อโซ่จะมีมาก ทำให้เกิดการสึกหรอที่บุชและสลักมากขึ้นและถ้าเฟืองโซ่มีระยะพิตรซ์เท่ากัน เฟืองโซ่ที่โตกว่าจะส่งกำลังได้น้อยกว่าเฟืองโซ่เล็ก



รูปที่ 2.4 การส่งกำลังจากเฟืองโซ่ไปยังโซ่โรลเลอร์

โดยปกติมักจะใช้จำนวนฟันของเฟืองโซ่เป็นเลขคู่ และใช้จำนวนข้อต่อโซ่เป็นเลขคู่เพื่อช่วยให้ความถี่ในการสัมผัสระหว่างฟันของเฟืองโซ่กับข้อต่อโซ่น้อยลง ช่วยให้โซ่มีการสึกหรอสม่ำเสมอ

#### 2.4 แรงในแนวเส้นสัมผัส

ในการส่งกำลัง ถ้าโซ่รับแรงสม่ำเสมอและเฟืองโซ่หมุนด้วยความเร็วคงที่ โซ่จะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่  $V$  และมีแรงในแนวเส้นสัมผัส  $F_t$  ซึ่งจะหาค่าได้จากกำลังที่ส่ง  $W_p$  หรือโมเมนต์บิดที่ต้องการส่ง  $T$

ความเร็วของโซ่หาได้จาก

$$V = \pi d n = p_c \cdot z \cdot n \approx p \cdot z \cdot n \quad (2.2)$$

ดังนั้นแรงในแนวเส้นสัมผัส

$$F_t = \frac{W_p}{V} \quad (2.3)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\text{หรือ } F_t = \frac{2\pi n T}{V} \approx \frac{2\pi n T}{pzn} = \frac{2\pi T}{pz} = \frac{2T}{d} \quad (2.4)$$

โดยที่	$F_t$	=	แรงในแนวเส้นสัมผัส
	$W_p$	=	กำลังงาน
	T	=	โมเมนต์บิด
	V	=	ความเร็วรอบของเฟืองโซ่
	z	=	จำนวนฟันของเฟืองโซ่
	n	=	ความเร็วรอบของเฟืองโซ่

## 2.5 แรงดึงชั้นต้น

แรงดึงชั้นต้นในโซ่ด้านหย่อนที่เหมาะสมควรมีค่าเท่ากับแรงที่เหลืออยู่ในโซ่ด้านหย่อน (คือแรง  $F_{L4}$  ในรูปที่ 2.4) ซึ่งสามารถคำนวณหาได้โดยการพิจารณารูป 2.4 คือ

$$h = F_N \sin 2\alpha = F_{N2} \sin \gamma \quad (2.5)$$

$$\text{และ } F_{H1} = F_{L2} \cos 2\alpha + F_{N2} \cos \gamma \quad (2.6)$$

$$\text{ดังนั้น } F_{H1} = F_{L2} \left( \cos 2\alpha + \frac{\sin 2\alpha \cos \gamma}{\sin \gamma} \right) \quad (2.7)$$

$$= F_{L2} \left( \frac{\sin(2\alpha + \gamma)}{\sin \gamma} \right) \quad (2.8)$$

$$\text{และ } F_{L2} = F_{H1} \frac{\sin \gamma}{\sin(2\alpha + \gamma)} = F_{L2} \frac{\sin \gamma}{\sin\left(\frac{360}{z} + \gamma\right)} \quad (2.9)$$

ถ้าให้ เป็นจำนวนฟันทั้งหมดในส่วนโค้งสัมผัสระหว่างโซ่กับเฟืองโซ่ ดังนั้นแรงที่เหลืออยู่ในโซ่จะเท่ากับ

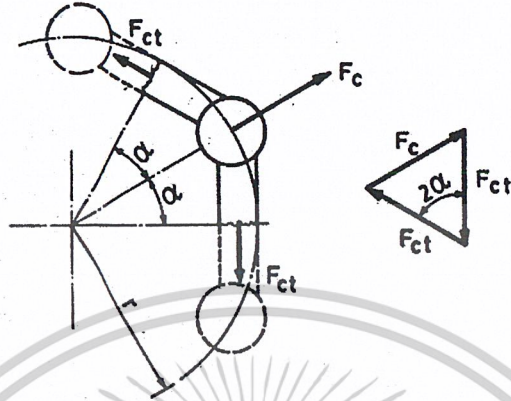
$$F_i = F_t \left( \frac{\sin \gamma}{\sin\left(\frac{360}{z} + \gamma\right)} \right)^{z_b} \quad (2.10)$$

โดยที่  $F_i$  = แรงดึงชั้นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.6 แรงหนีศูนย์กลาง

ในขณะที่กำลังที่ข้อต่อโซ่จะมีแรงหนีศูนย์กลางในแนวรัศมีของเฟืองโซ่  $F_c$  ดังรูป 2.5 จะมีค่าเท่ากับ



รูปที่ 2.5 การแยกแรงหนีศูนย์กลาง  $F_c$  ออกเป็นแรงย่อย  $F_{ct}$

$$F_c = mr\omega^2 = \frac{mV^2}{r} = \frac{W}{g} V^2 \cdot 2\sin\alpha \quad (2.11)$$

โดยที่  $F_c$  = แรงหนีศูนย์กลางในแนวรัศมี  
 $W$  = น้ำหนักโซ่ต่อความยาว 1 เมตร  
 และความยาวโซ่  $\approx 2r\sin\alpha$

เมื่อแยกแรงนี้ออกเป็นแรงย่อยในแนวของข้อต่อโซ่  $F_i$  จะได้ว่า

$$\frac{0.5F_c}{F_{ct}} = \sin\alpha \quad (2.12)$$

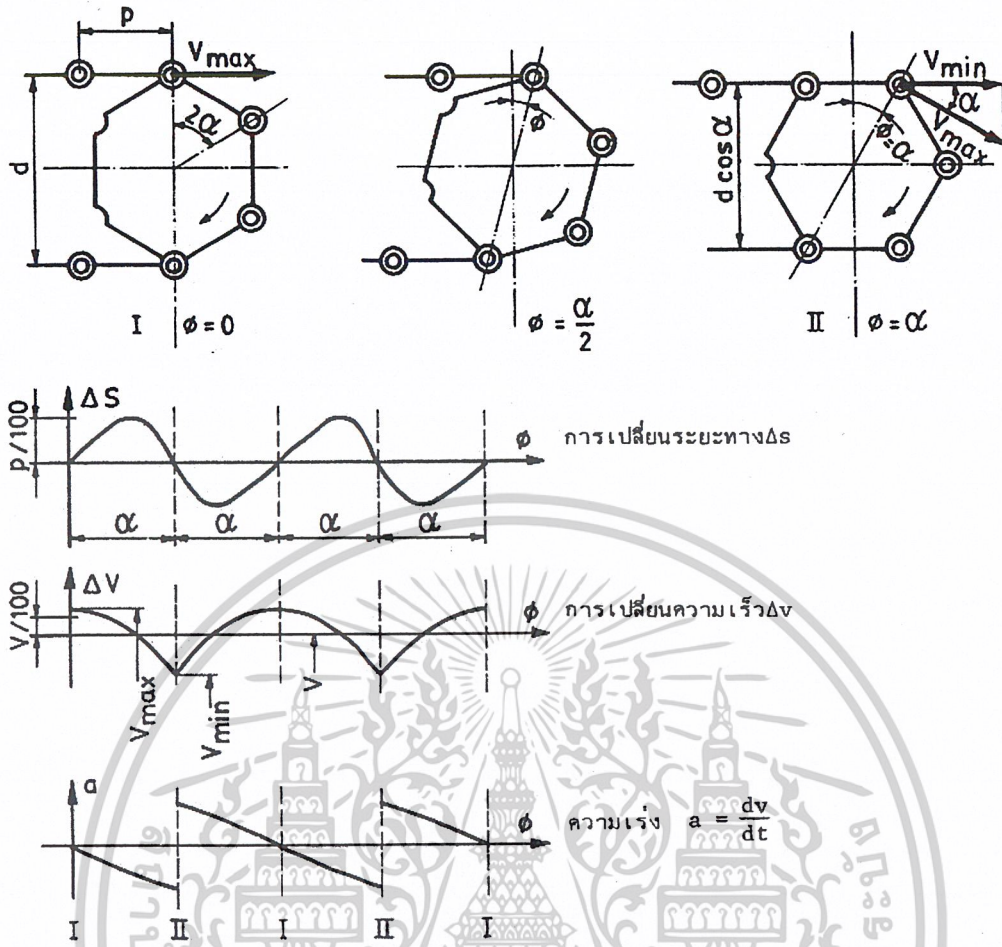
ดังนั้น  $F_c = \frac{F_c}{2\sin\alpha} = \frac{W}{g} V^2 \quad (2.14)$

จะเห็นได้ว่า  $F_c$  ไม่ขึ้นกับมุม  $\alpha$  และจำนวนฟันของเฟืองโซ่ แต่จะขึ้นอยู่กับความเร็วยรอบขอบ  $V$  เป็นอย่างมาก

## 2.7 ผลจากการเป็นรูปหลายเหลี่ยม

เนื่องจากในขณะที่กำลังโซ่จะวางตัวบนเฟืองโซ่ในลักษณะของรูปหลายเหลี่ยม ดังนั้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประสิทธิผล ( effective diameter ) ของเฟืองโซ่จะเปลี่ยนแปลงอยู่ระหว่าง  $V_{\max} = V = \omega d / 2000$  กับ  $V_{\min} = \omega d \cos\alpha / 2000$  จากการพิจารณาด้านเรขาคณิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 ผลของการเป็นรูปหลายเหลี่ยมต่อการเคลื่อนที่ของโรเตอร์โดยความเร็วรอบของเฟืองโรเตอร์ที่แสดง การผลัดเฟืองโรเตอร์ที่มี 6 ฟัน กับมุมหมุน  $\phi$  และ  $\Delta V_{\max} = 4.5V/100$

จากรูป 2.6 จะพบว่า  $d = p/\sin \alpha$ ,  $2\alpha = 2\pi/2 \text{ rad} = 360/z$  องศา ให้มุมหมุนคือ  $\phi$  จะได้ สมการของการเคลื่อนที่ในช่วง  $\phi = -\alpha$  ถึง  $\alpha$  ดังนี้

$$\text{ระยะทาง} \quad s + \Delta s = \frac{p \sin \phi}{2 \sin \alpha} \quad (2.13)$$

$$\Delta s_{\max} \approx \frac{p}{3.2z^2} \quad \text{ที่} \quad \cos \phi = \frac{\sin \alpha}{\alpha} \quad (2.14)$$

$$\text{ความเร็ว} \quad V + \Delta V = \frac{\omega p \cos \phi}{2 \sin \alpha} \quad (2.15)$$

$$\Delta V_{\max} = \frac{\omega p}{3.8z} \quad \text{ที่} \quad \phi = 0 \quad (2.16)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$V = V_{mean} = \frac{\omega p z}{2\pi} \quad (2.17)$$

$$V_{max} = \frac{\omega d}{2} = \frac{\omega p}{2 \sin \alpha} \quad (2.18)$$

$$V_{min} = \frac{\omega d}{2} \cos \alpha = \frac{\omega p}{2 \tan \alpha} \quad (2.19)$$

ความเร่ง  $a = -\frac{\omega^2 p \sin \phi}{2 \sin \alpha} \quad (2.20)$

$$a_{max} = \frac{\omega^2 d}{2} \text{ ที่ } \phi = \alpha \quad (2.21)$$

โดยที่  $V =$  ความเร็วขอบ  
 $\omega =$  ความเร็วเชิงมุม,  $rad/s$   
 $a =$  ความเร่ง

## 2.8 แรงกระแทก

เมื่อโซ่เคลื่อนที่เข้าหาเฟืองโซ่ จะเกิดการกระแทกกันระหว่างข้อโซ่กับฟันของเฟืองโซ่ แรงกระแทกมีค่ามากเมื่อโซ่เคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูง และเฟืองโซ่มีจำนวนฟันน้อยจึงจำเป็นต้องชุบแข็งเฟืองโซ่ เมื่อต้องการใช้งานที่ความเร็วสูง

## บทที่ 3

### การคำนวณการสร้างและการออกแบบชุดทดลอง

#### การออกแบบชุดทดลอง

ออกแบบชุดทดลองซึ่งประกอบด้วยอุปกรณ์ และรายละเอียดดังนี้

- 1.มอเตอร์ส่งกำลัง
- 2.คลັบลึง
- 3.เพลา
- 4.ไคนาโมมิเตอร์
- 5.ชุดโซ่และเฟืองโซ่
- 6.ฐานชุดทดลอง



รูปที่ 3.1 ส่วนประกอบของชุดทดลอง

#### 3.1 มอเตอร์ส่งกำลัง

โดยการกำหนดขอบเขตการทดลองไม่เกิน 3 แรงม้าซึ่งสามารถปรับความเร็วรอบตั้งแต่ไม่เกิน 1,000 รอบต่อนาทีเพื่อความสะดวกในการทดลองที่ความเร็วรอบต่าง ๆ กัน

$$W = 2\pi TN \quad (3.1)$$

$$W = \text{กำลังมอเตอร์} \quad (3.2)$$

$$T = \text{แรงบิด} \quad (3.3)$$

$$N = \text{ความเร็วรอบ} \quad (3.4)$$

#### 3.2 คลັบลึง

เพื่อหลีกเลี่ยงการสั่นสะเทือนที่อาจเกิดขึ้นจึงใช้คลັบลึงแบบยาง

#### กั้นกระแทกในการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3 ขนาดเพลลา

$$d^3 = 16 \frac{[(c_t T)^2 + (c_m M)^2]^{1/2}}{\pi \tau} \quad (3.5)$$

$$C_m = \text{ตัวประกอบความล้าเนื่องจากการตัด} \quad (3.6)$$

$$C_t = \text{ตัวประกอบความล้าเนื่องจากการบิด} \quad (3.7)$$

$$d = \text{เส้นผ่าศูนย์กลางกลางของเพลลา} \quad (3.8)$$

### 3.4 ขนาดแบริ่ง

$$P = X V F_r + Y F_a \quad (3.10)$$

$$P = \text{แรงสมมูล} \quad (3.11)$$

$$F_r = \text{แรงตามแนวรัศมี} \quad (3.12)$$

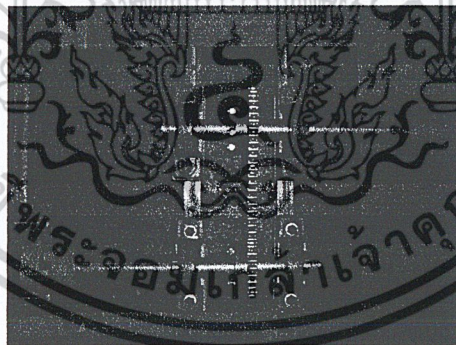
$$F_a = \text{แรงตามแนวแกน} \quad (3.13)$$

$$L_{10} = \left( \frac{C}{P} \right)^k \quad (3.14)$$

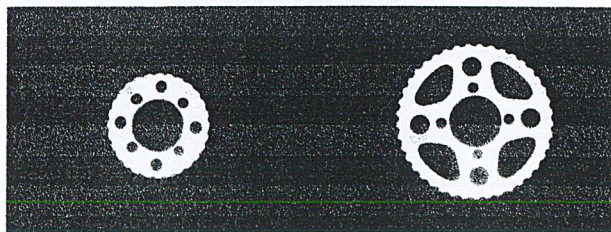
$$L_{10} = \text{อายุการใช้งาน} \quad (3.15)$$

### 3.5 ชุดโซ่และเฟืองโซ่

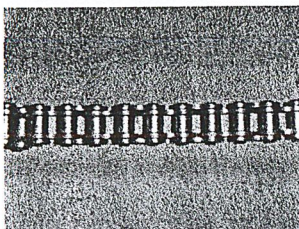
ในการทดลองต้องใช้หลายชุดซึ่งมีขนาดแตกต่างกันไปแต่ทั้งหมดจะเป็นโซ่แบบโรลเลอร์



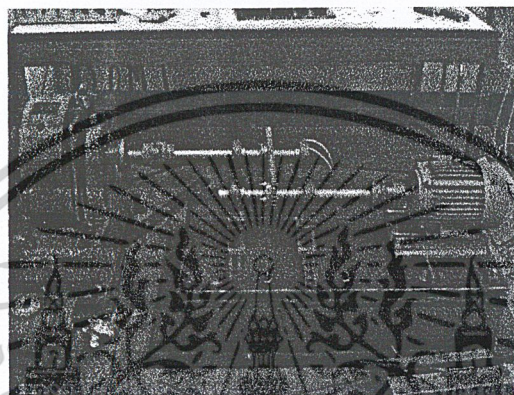
รูปที่ 3.2 ชุดโซ่และเฟืองโซ่



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ **รูปที่ 3.3 ชุดเฟืองโซ่** นั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



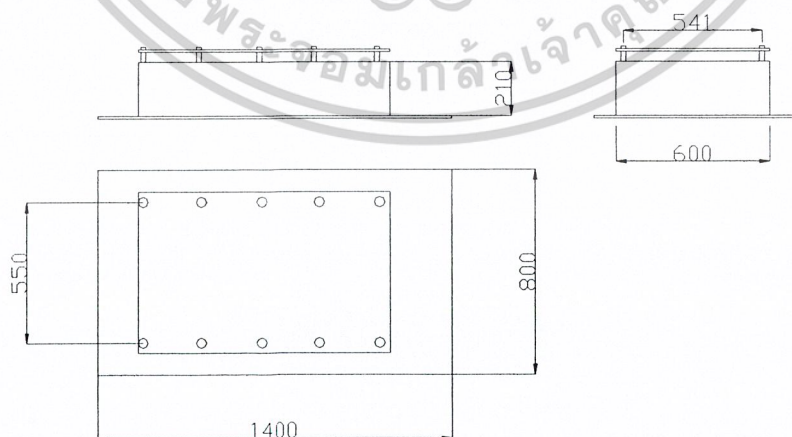
รูปที่ 3.4 ชุดไซ้



รูปที่ 3.5 ชุดทดลองและฐานชุดทดลอง

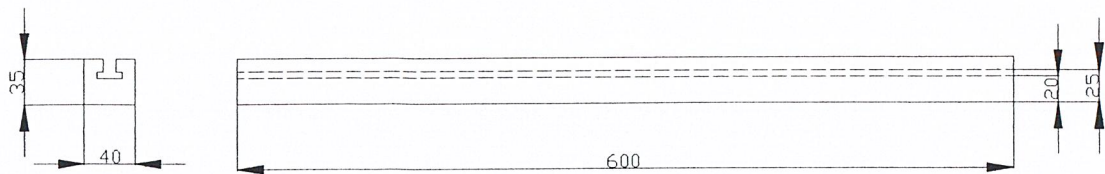
### 3.6 ฐานชุดทดลอง

ทำการติดตั้งชุดทดลองให้อยู่บนฐาน ซึ่งประกอบด้วยแผ่นเหล็กและภายในบรรจุคอนกรีตขนาดใหญ่เพื่อความมั่นคง ดังรูปที่ 3.5 และ 3.6

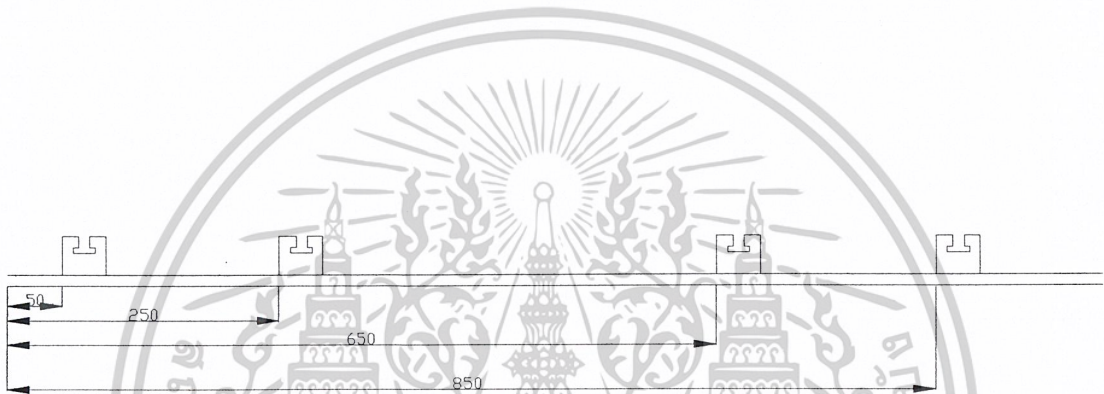


รูปที่ 3.6 แสดงฐานเครื่องทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 แสดงรางเลื่อน



รูปที่ 3.8 แสดงการวางร่องเลื่อน

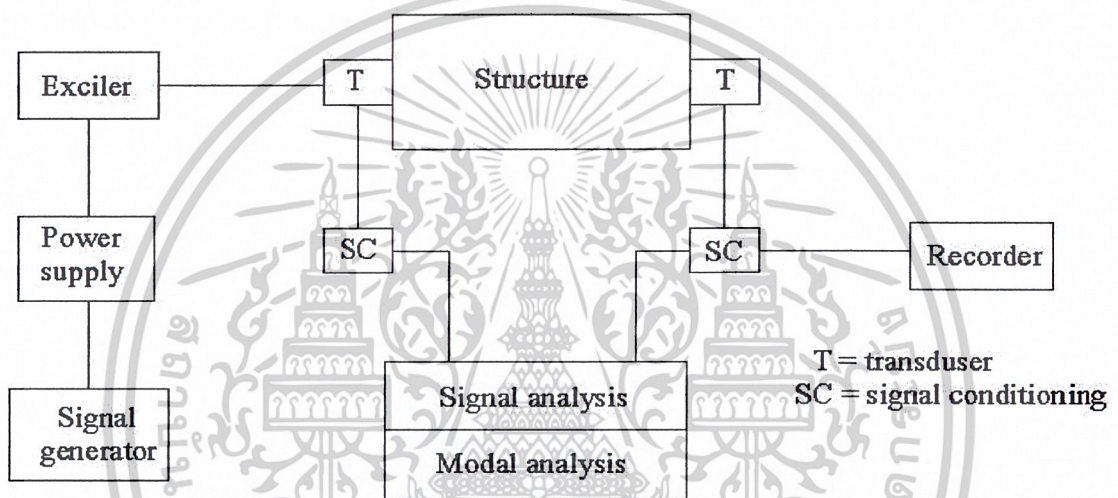
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 4

## วิธีการทดลอง

### ขั้นตอนการทดลอง

ประกอบด้วย 3 ขั้นตอนหลักคือ 1.ทำการติดตั้งชุดทดลอง 2.ทำการทดลองเพื่อเปลี่ยนแปลงตัวแปรของระบบในแต่ละค่าและ3. การเก็บผลการทดลอง โดยมีรายละเอียดดังนี้



รูปที่ 4.1 แสดงไดอะแกรมการวัดการสั่นสะเทือน

#### 4.1.ทำการติดตั้งชุดทดลอง

- 4.1.1.ทำการ Aligment แนวแกนเพลลาทั้งหมด
- 4.1.2 ทดสอบการสั่นสะเทือนของระบบเมื่อ ไม่มีโซ่
- 4.1.3 ทำการติดตั้ง sensor เข้ากับแบร์ริงทั้งสองแนวแกน

#### 4.2.ทำการทดลองเพื่อเปลี่ยนแปลงตัวแปรของระบบในแต่ละค่า

- 4.2.1 ทำการติดตั้งเฟืองโซ่ขับเพื่อให้ความเร็วรอบคงที่ในแต่ละการทดลองโดยใช้จำนวนฟัน 25

ฟัน

- 4.2.3 ทำการติดตั้งเฟืองโซ่ตามให้มีขนาดอัตราทด 1.12

- 4.2.4 ทำการติดตั้งชุดการทดลองตามข้อ 4.1

- 4.2.3 ทำการติดตั้งโซ่ที่มีจำนวนข้อต่อ 80 ข้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.4 ทำการปรับระยะหย่อนให้มีระยะหย่อน 1 เซนติเมตร

4.2.6 ทำการทดลองโดยใช้โหลดเริ่มต้น 0 กิโลกรัม-เมตรแล้วทำการ run ชุดการทดลองเป็นเวลา 3 นาทีแล้วทำการอ่านค่าบันทึกผลการทดลองแล้วทำการทดลองซ้ำ อีก 2 ครั้ง จากนั้นจึงทำการทดลองแบบเดิมโดยเปลี่ยนแปลงโหลดเป็น 1,2,3 กิโลกรัม- เมตร ตามลำดับ

4.2.7 ทำการปรับระยะหย่อนโซ่ให้มีระยะหย่อน 2 เซนติเมตร แล้วทำการทดลองตามข้อ 4.2.6 แล้วทำการปรับระยะหย่อนแล้วทำการทดลองตามข้อ 4.2.6 จนครบระยะหย่อนทั้ง 5 ระยะอันได้แก่ 1,2,3,4,5 เซนติเมตร

4.2.8 ทำการถอดโซ่ขนาด 80 ซ้อยออกแล้วนำโซ่ขนาด 90 ซ้อยมาทำการทดลองซ้ำตามข้อ 4.2.4 จนถึงข้อ 4.2.7 แล้วทำการเปลี่ยนแปลงโซ่เป็น 100 ซ้อย

4.2.9 ทำการเปลี่ยนอัตราทดจากเดิม 1.12 เป็น 1.46 แล้วทำการทดลองซ้ำตั้งแต่ข้อ 4.2.4 จนถึงข้อ 4.2.8

4.2.10 ทำการเปลี่ยนแปลงความเร็วรอบโดยเปลี่ยนเฉพาะเฟืองขับเป็น 26 ฟันแล้วทำการทดลองตามข้อ 4.2.3 จนถึงข้อ 4.2.9

4.2.11 ในส่วนของการทดลองระยะเชิงศูนย์ใช้อัตราทด 1.8 และระยะหย่อนโซ่ 2 เซนติเมตรทำการทดลอง โดยเริ่มปรับระยะเชิงศูนย์จากค่าน้อยสุดก่อนแล้วจึงปรับระยะเชิงศูนย์ไปที่ค่ามาก



รูปที่ 4.2 แสดงการติดตั้งเซนเซอร์วัดการสั่นสะเทือนทั้ง 2 แนวแกน

### 4.3. การเก็บผลการทดลอง

3.1 เมื่อทำการทดลองโดยเปลี่ยนตัวแปรหนึ่งตัวต้องทำการทดลองเป็นเวลา 3 นาทีแล้วทำการบันทึกผลแล้วให้ทดลองซ้ำเป็นจำนวน 3 ครั้ง

3.2 เก็บผลการทดลองโดยการอ่านตัวเลขจากมิเตอร์และขณะเดียวกันทำการบันทึกผลการทดลองในรูปของกราฟการสั่นสะเทือน

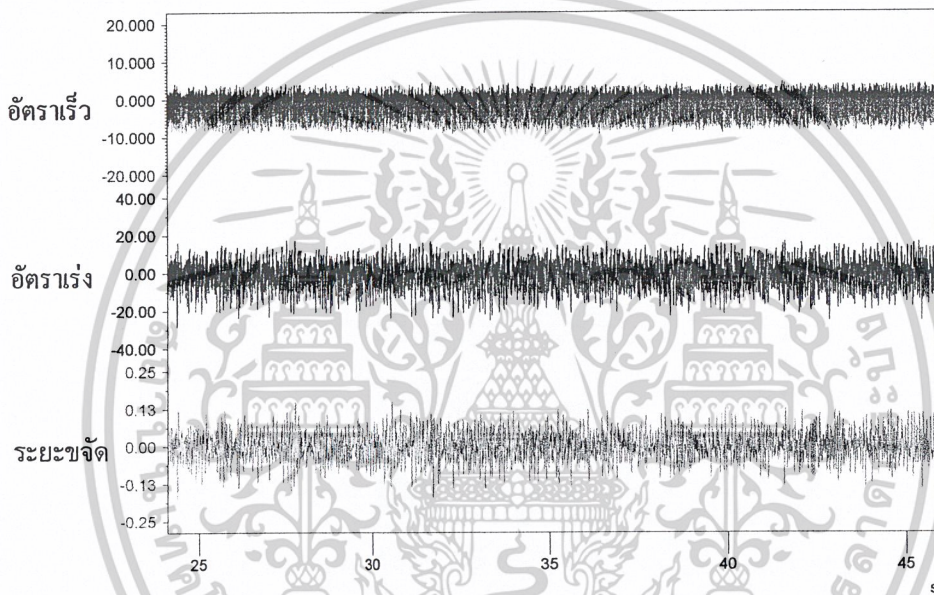
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 5

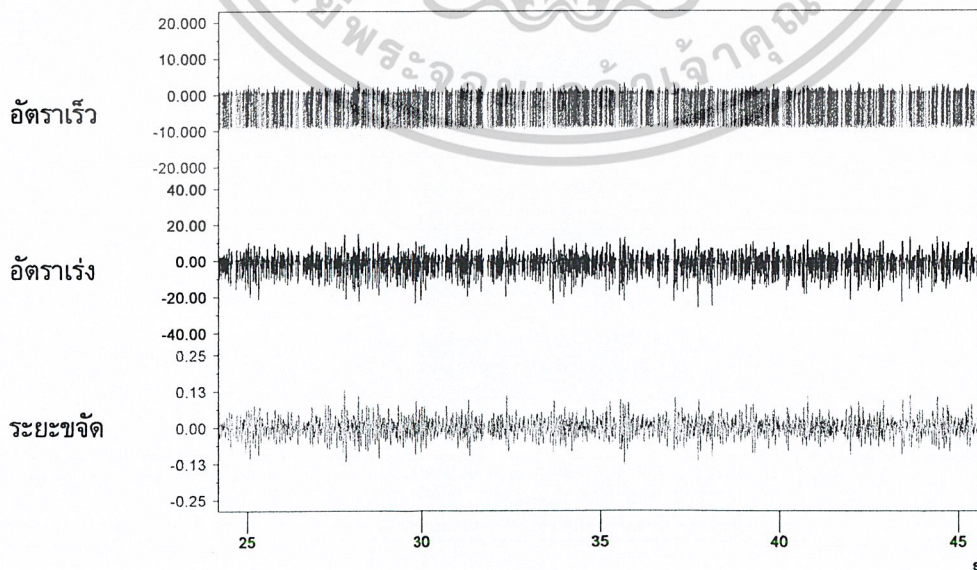
## ผลการทดลอง

### 5.1 การวัดสัญญาณการสั่นสะเทือน

ทำการวัดสัญญาณการสั่นสะเทือนซึ่งจะได้กราฟการสั่นสะเทือนที่ตำแหน่งเวลาต่างๆทั้งสอง แนวแกนและกราฟ Power Spectrum แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับความถี่ ดังรูปที่ 5.1 และ 5.2 ตามลำดับ

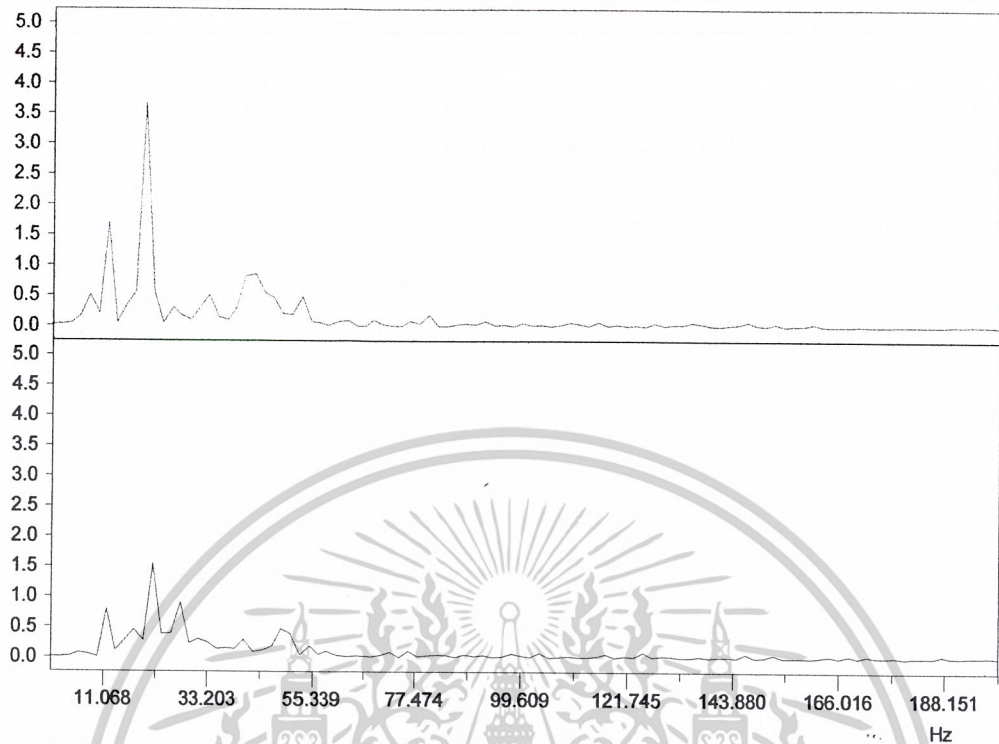


รูปที่ 5.1.1 แสดงผลในแนวแกน Y



รูปที่ 5.1.2 แสดงผลในแนวแกน X

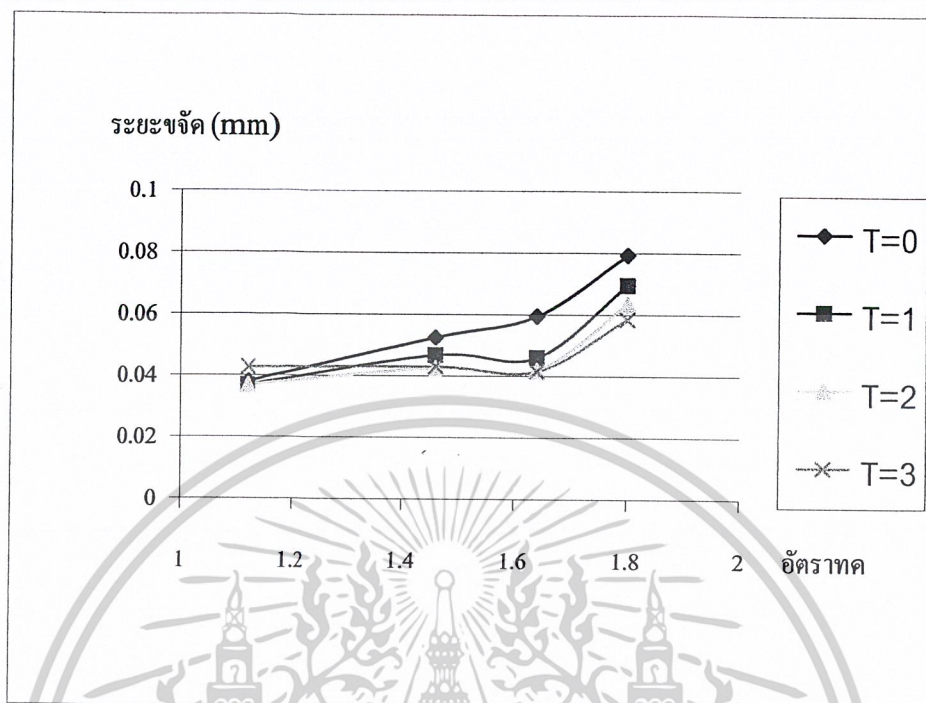
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



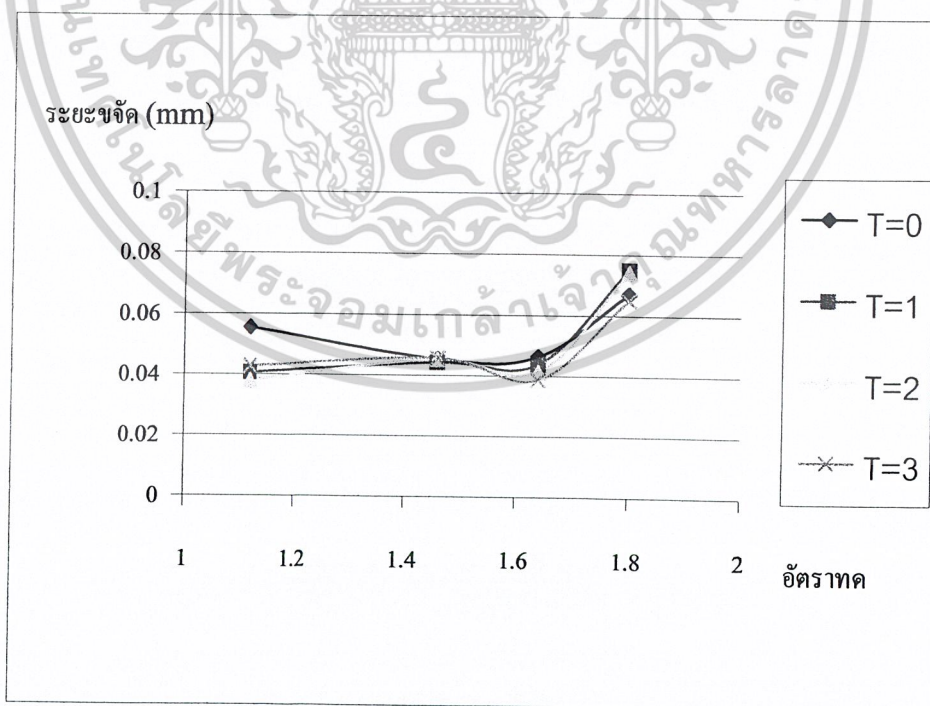
รูปที่ 5.1.3 กราฟ Power Spectrum แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับความถี่

5.2 ค่าเฉลี่ยการสั่นสะเทือน

หาค่าเฉลี่ยการสั่นสะเทือนแล้วนำมาสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์กับตัวแปรซึ่งจะได้กราฟดังรูปต่อไปนี้

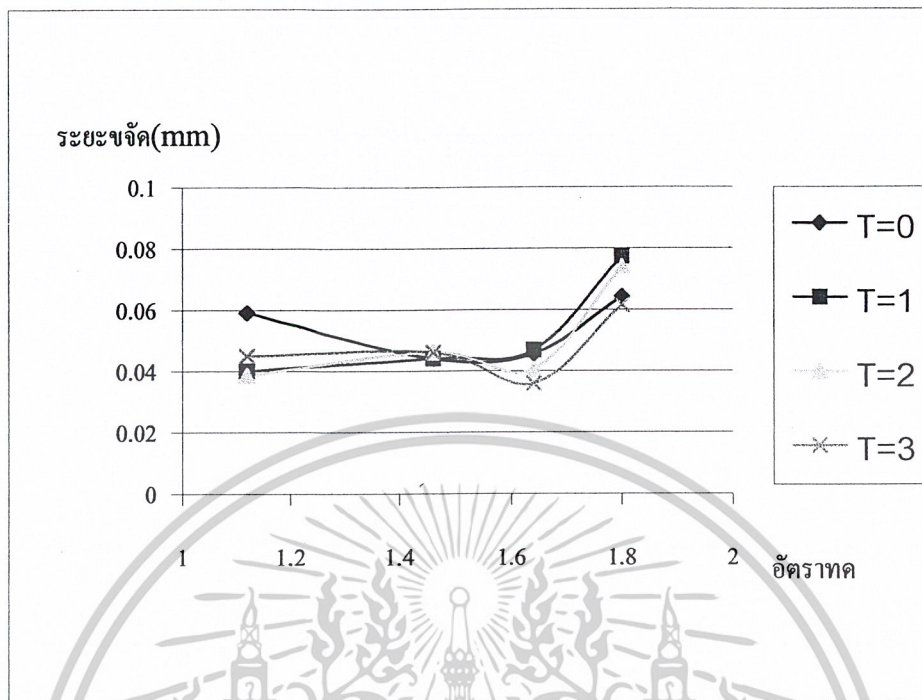


รูปที่ 5.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะขจัดกับอัตราตที่ข้อต่อ 100 ระยะหย่อน 2 cm

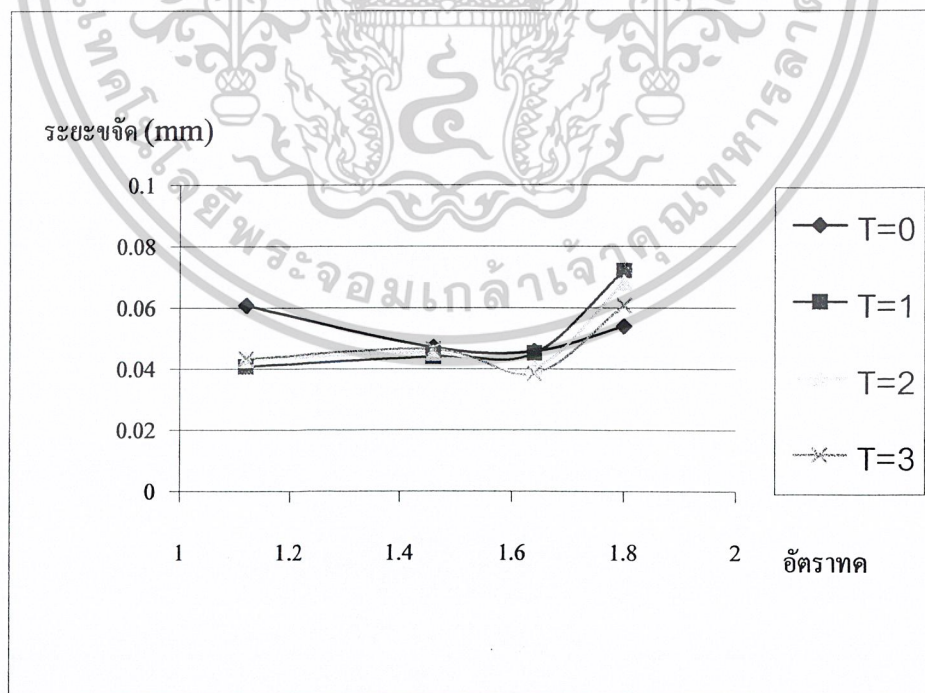


รูปที่ 5.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะขจัดกับอัตราตที่ข้อต่อ 100 ระยะหย่อน 3 cm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

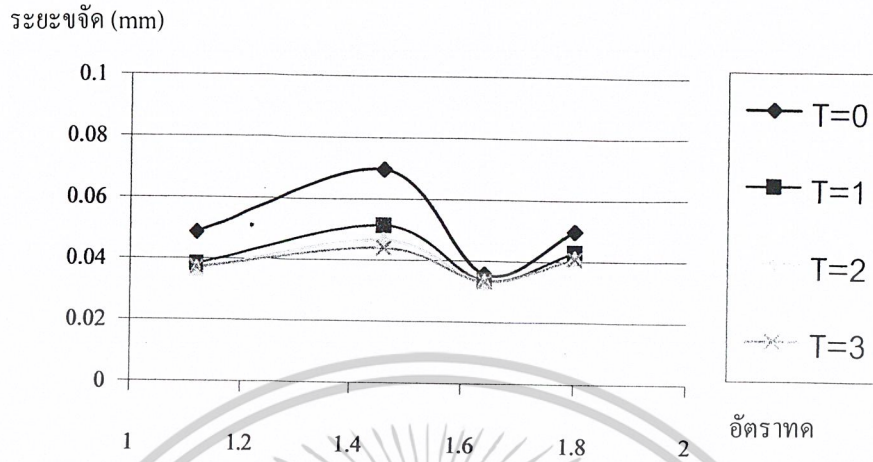


รูปที่ 5.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะขจัดกับอัตราทดที่ข้อต่อ 100 ระยะหย่อน 4 cm

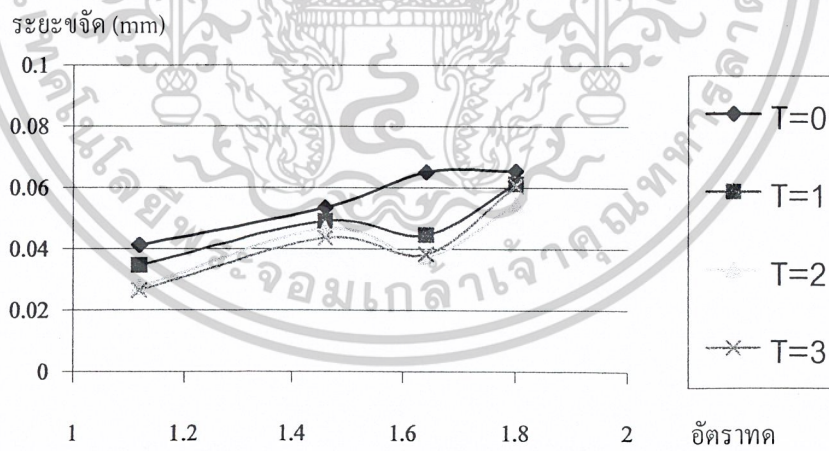


รูปที่ 5.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะขจัดกับอัตราทดที่ข้อต่อ 100 ระยะหย่อน 5 cm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

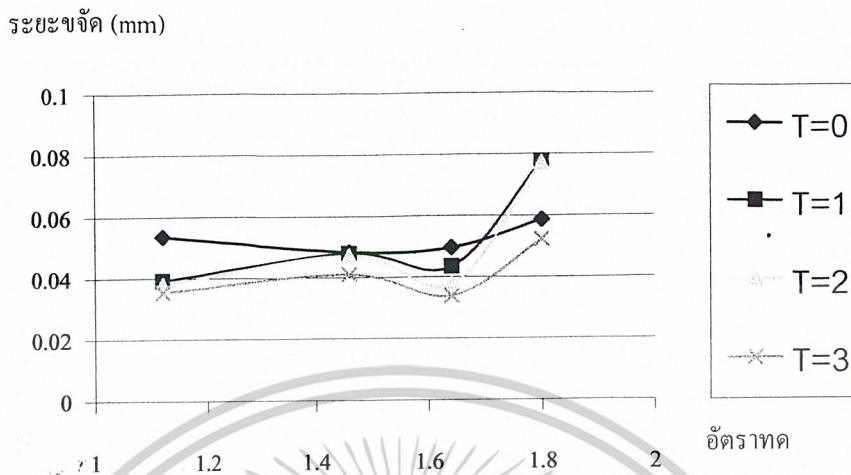


รูปที่ 5.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะขจัดกับอัตราทดที่ข้อต่อ 90 ระยะหย่อน 1 cm

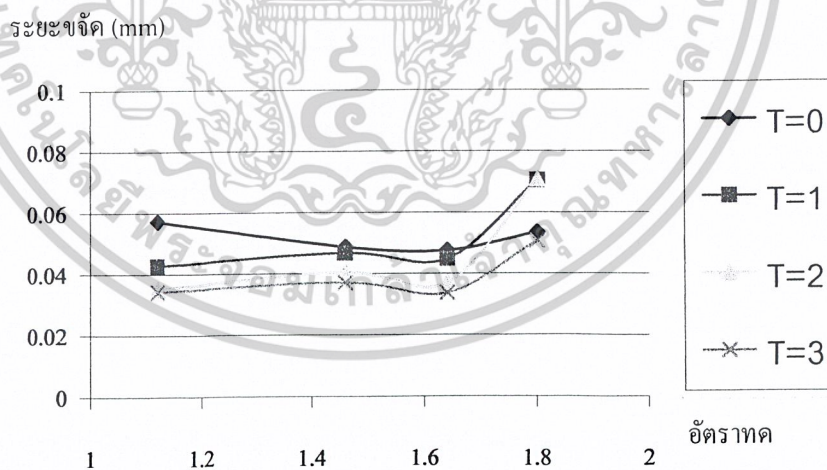


รูปที่ 5.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะขจัดกับอัตราทดที่ข้อต่อ 90 ระยะหย่อน 2 cm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

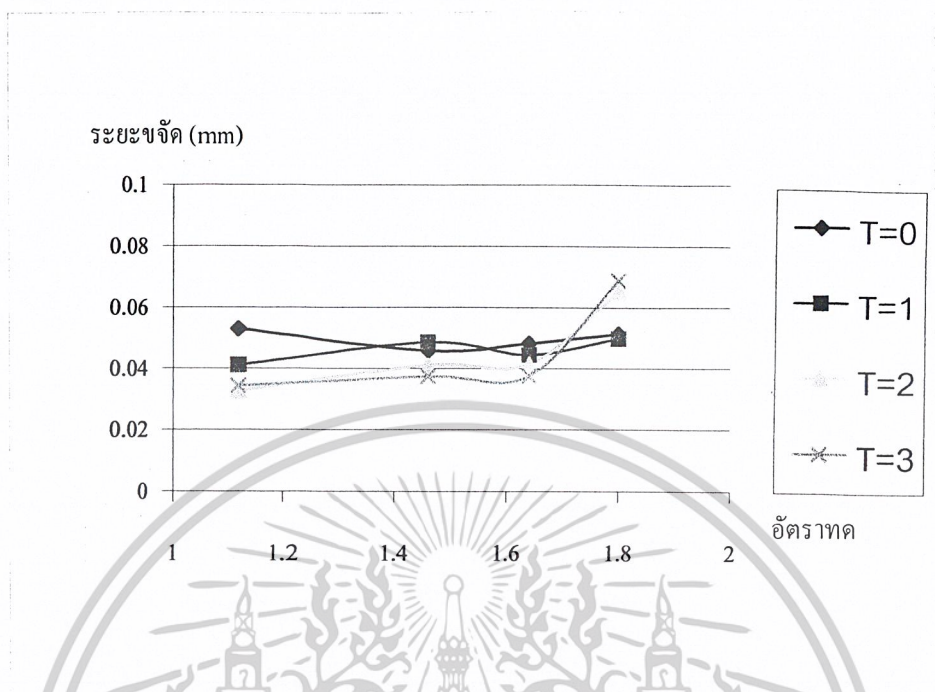


รูปที่ 5.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะขจัดกับอัตราทดที่ข้อต่อ 90 ระยะหย่อน 3 cm

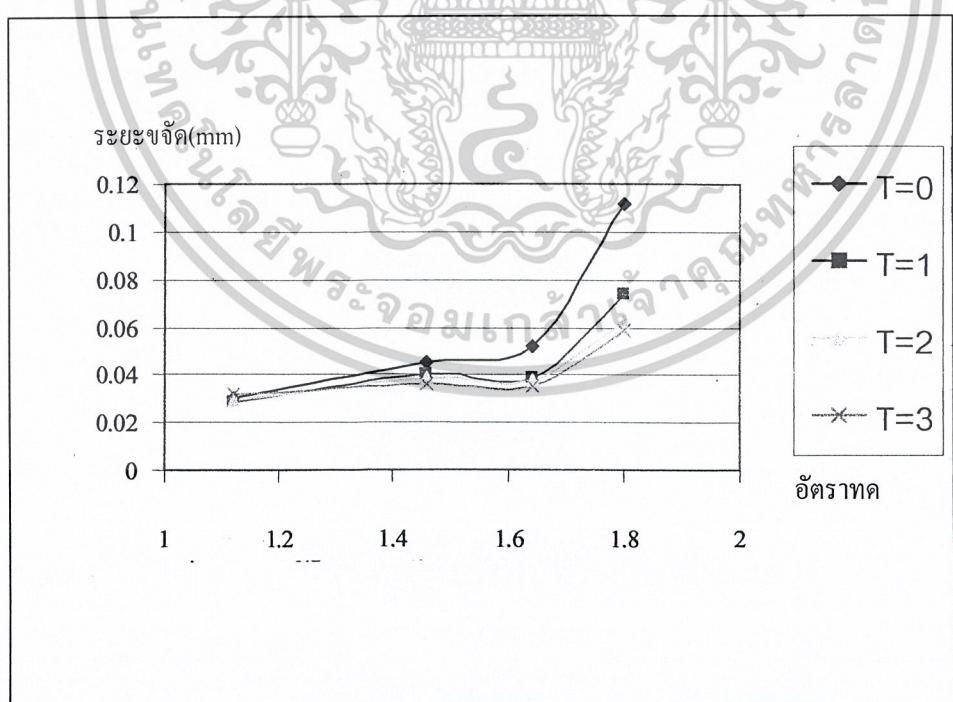


รูปที่ 5.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะขจัดกับอัตราทดที่ข้อต่อ 90 ระยะหย่อน 4 cm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

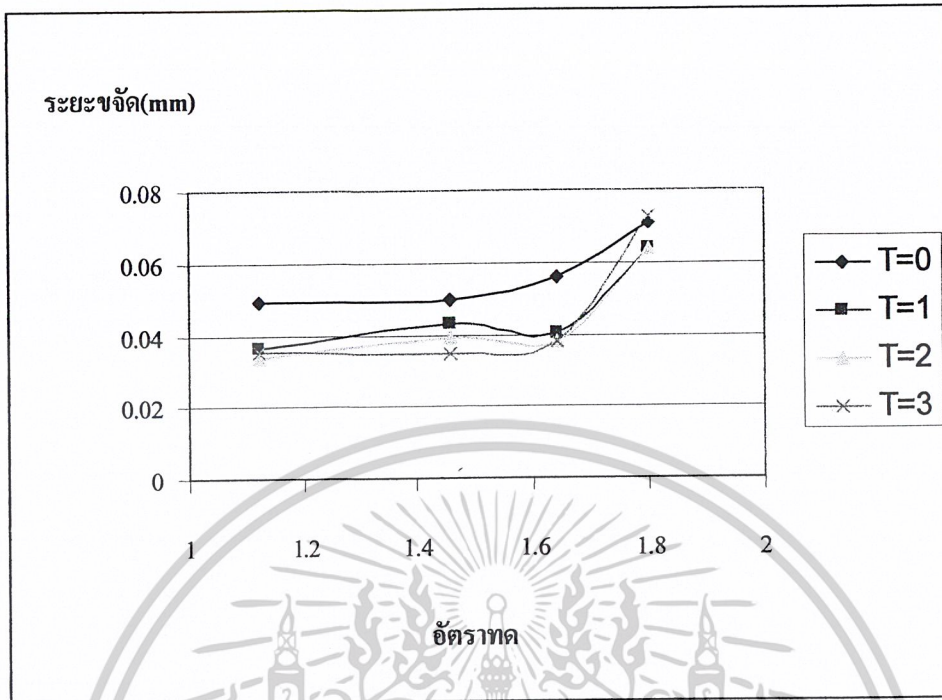


รูปที่ 5.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะขจัดกับอัตราทดที่ข้อต่อ 90 ระยะหย่อน 5 cm

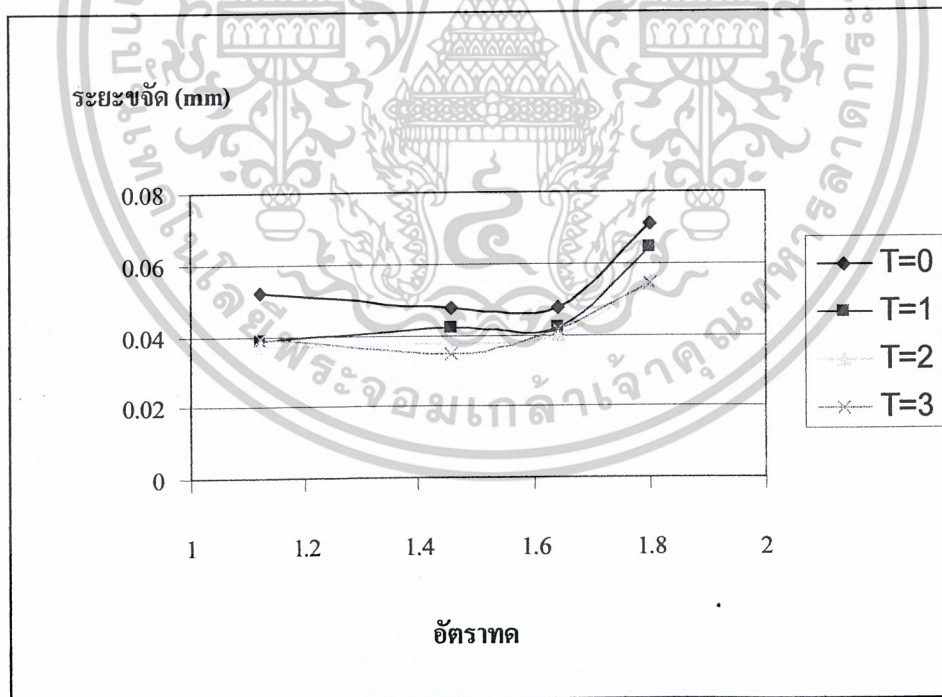


รูปที่ 5.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะขจัดกับอัตราทดที่ข้อต่อ 80 ระยะหย่อน 1 cm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

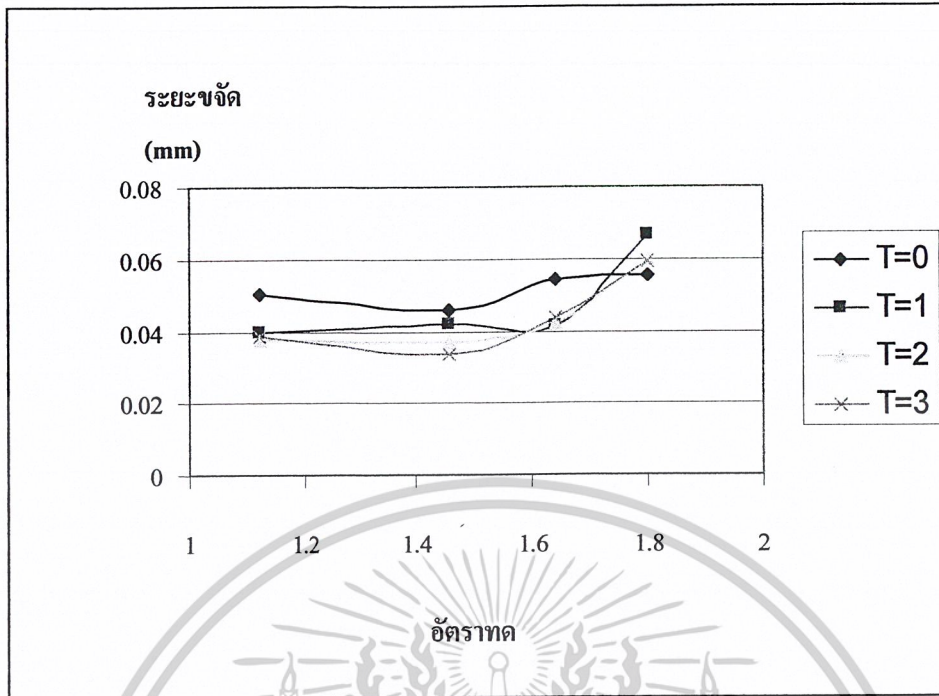


รูปที่ 5.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะขจัดกับอัตราลาดที่ข้อต่อ 80 ระยะหย่อน 2 cm

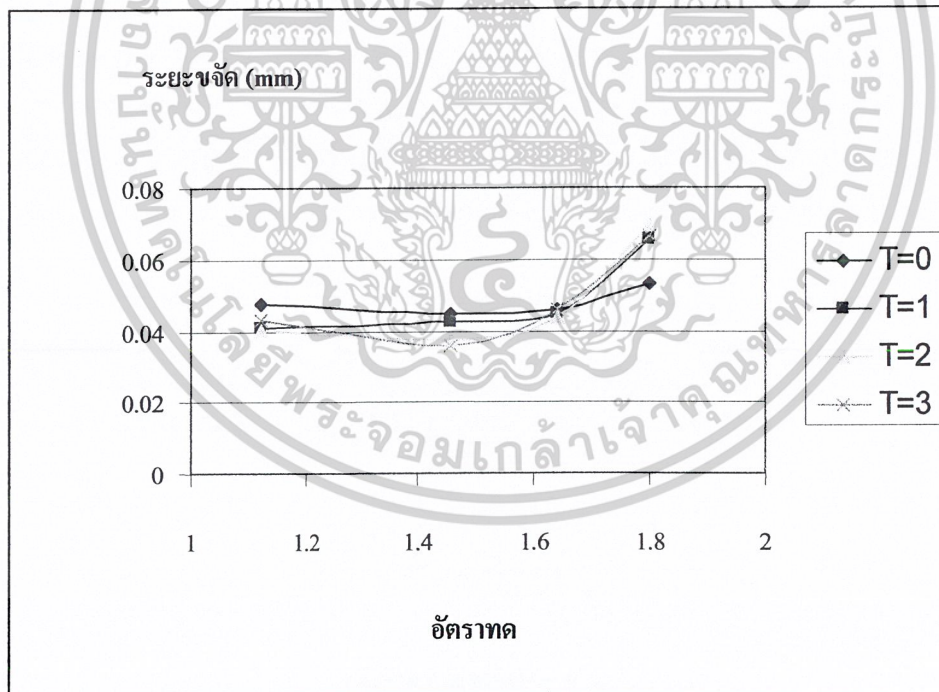


รูปที่ 5.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะขจัดกับอัตราลาดที่ข้อต่อ 80 ระยะหย่อน 3 cm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

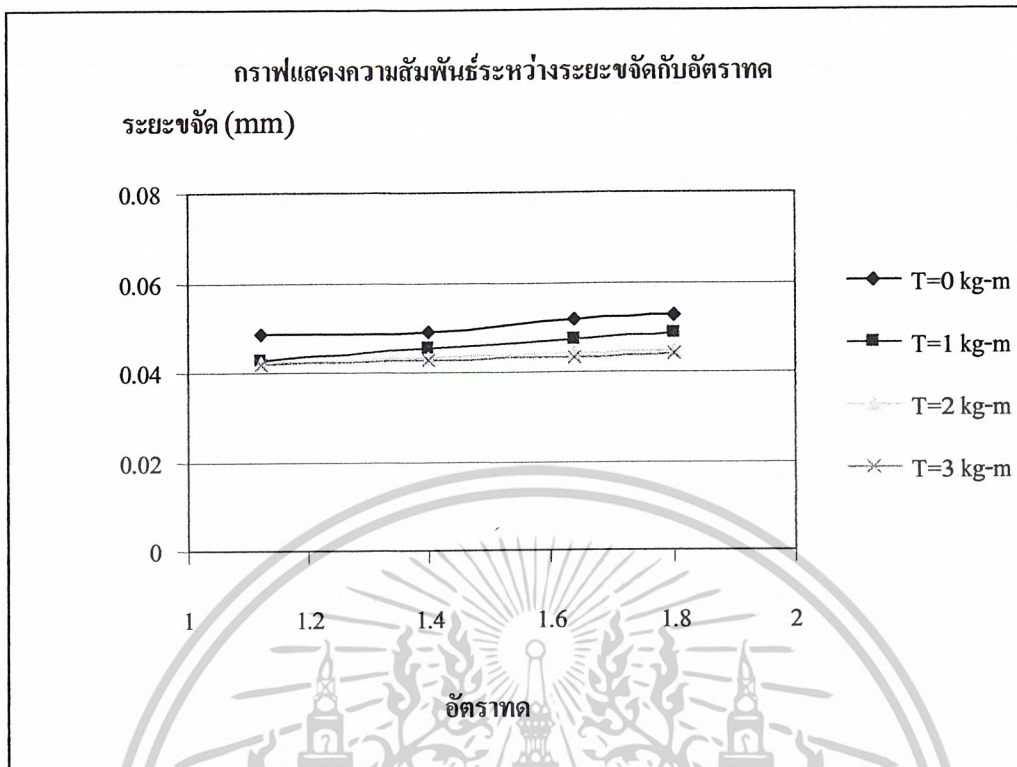


รูปที่ 5.14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะขจัดกับอัตราทดที่ข้อต่อ 80 ระยะหย่อน 4 cm

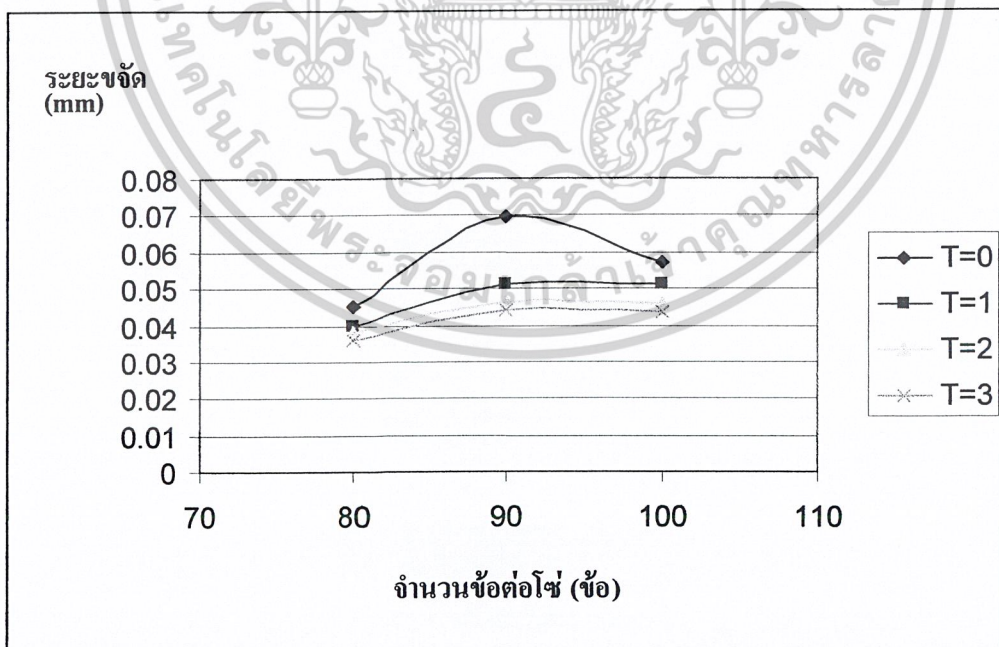


รูปที่ 5.15 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะขจัดกับอัตราทดที่ข้อต่อ 80 ระยะหย่อน 5 cm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



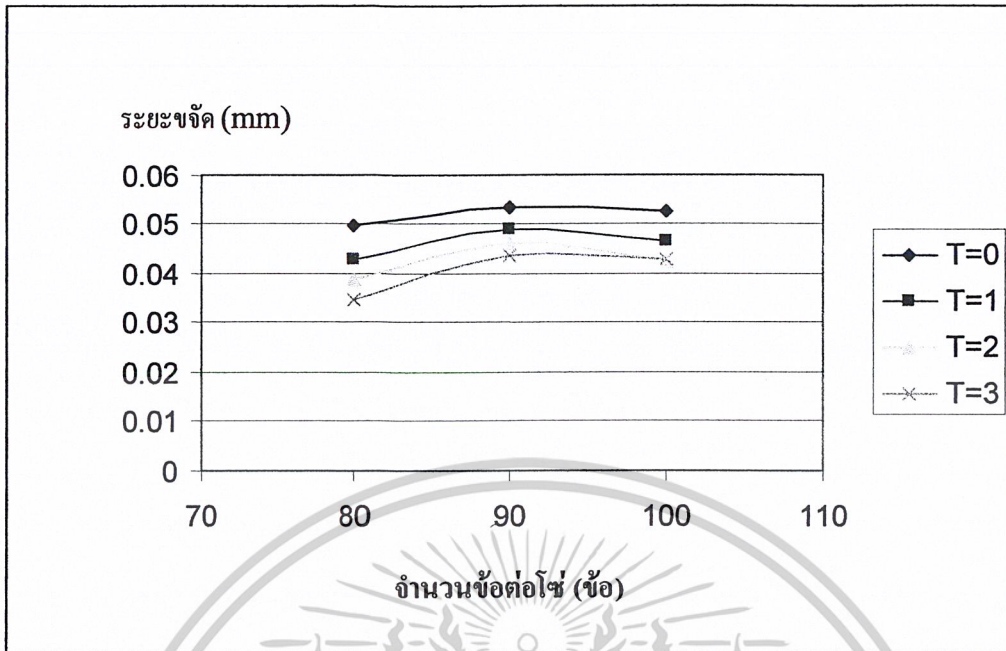
รูปที่ 5.16 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะขจัดกับอัตราทด



รูปที่ 5.17 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะขจัดกับจำนวนข้อต่อโซ่ที่ระยะหย่อนโซ่ 1 cm อัตราทด

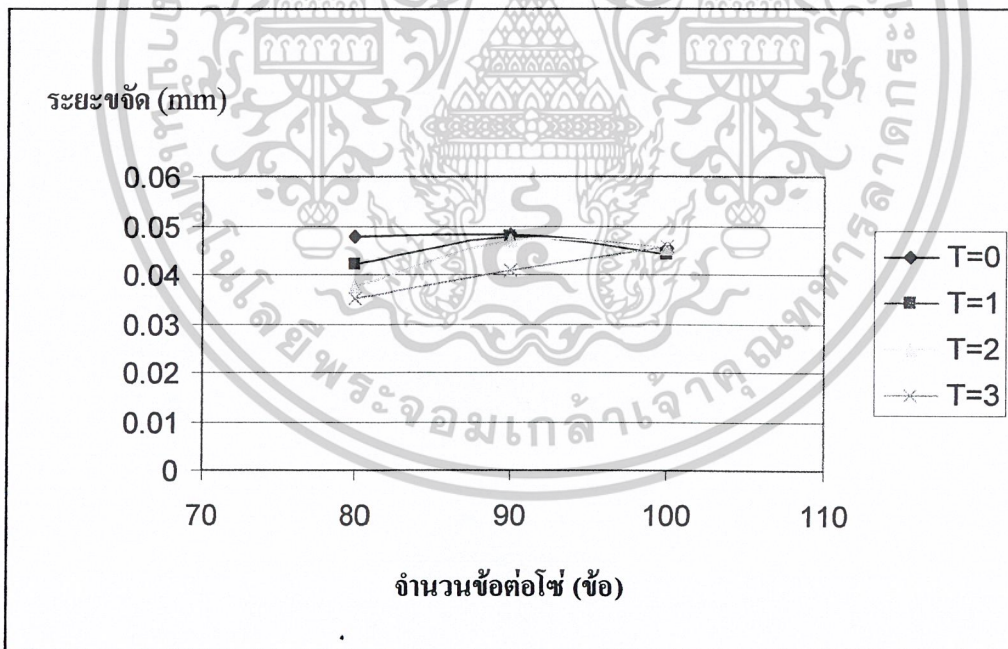
1.46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.18 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะขจัดกับจำนวนข้อต่อไซ้ที่ระยะหย่อนไซ้ 2 cm อัตราภาค

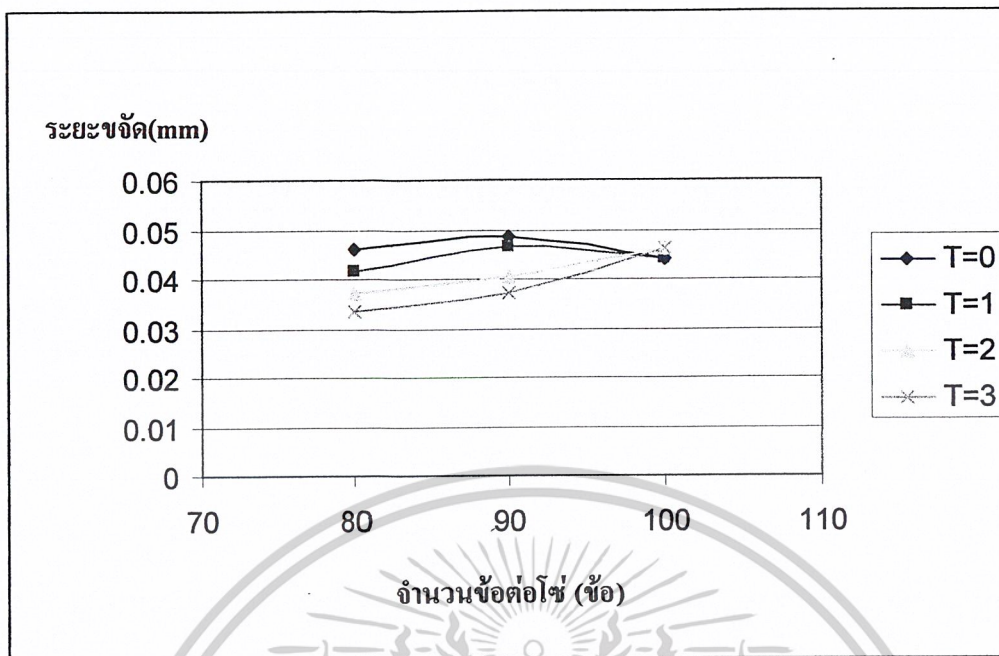
1.46



รูปที่ 5.19 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะขจัดกับจำนวนข้อต่อไซ้ที่ระยะหย่อนไซ้ 3 cm อัตราภาค

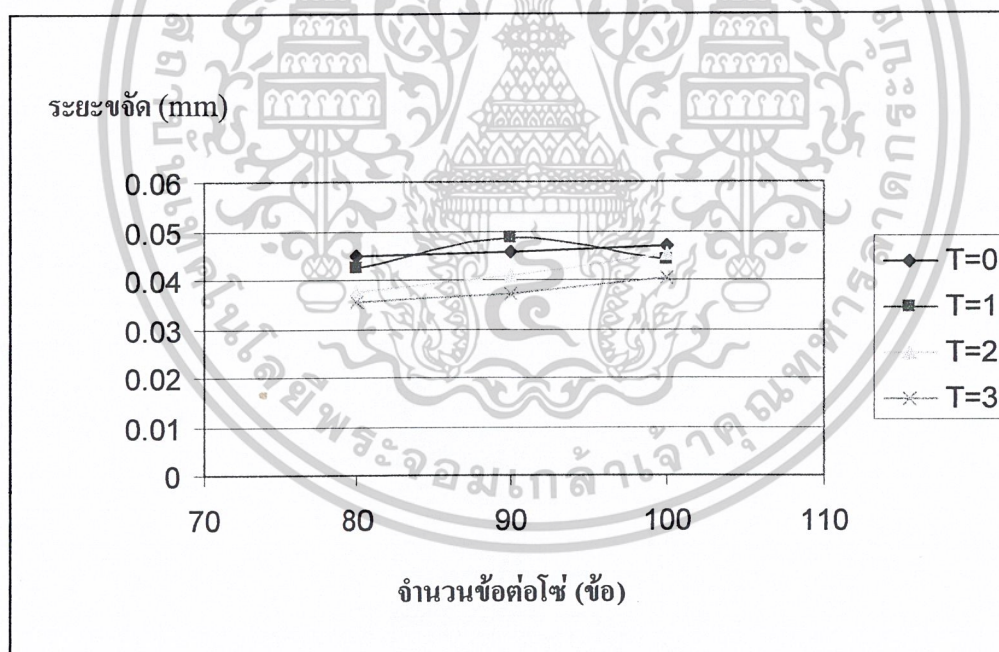
1.46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



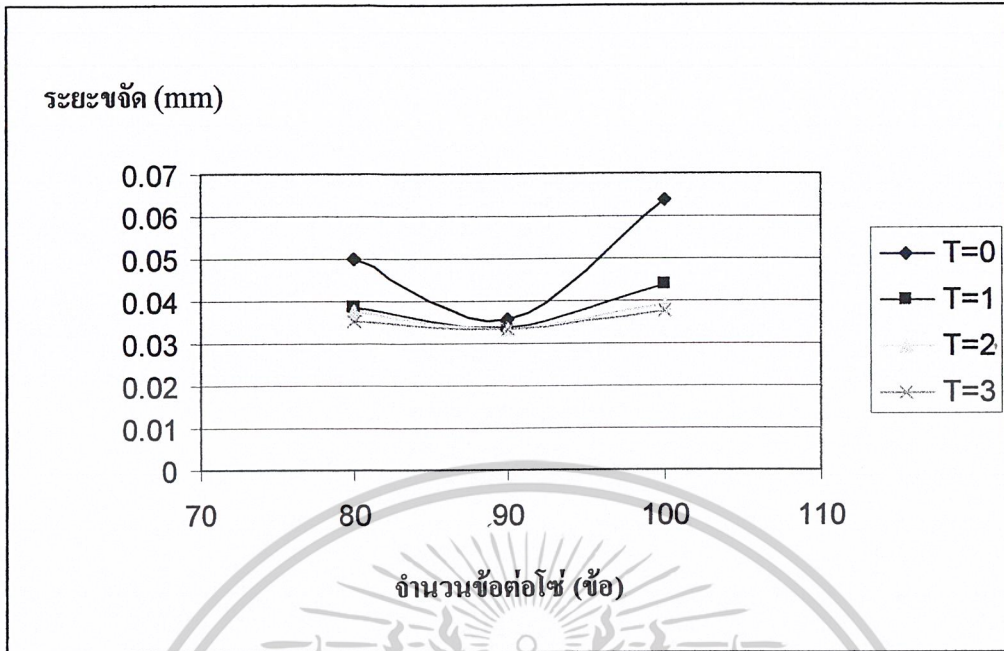
รูปที่ 5.20 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะขจัดกับจำนวนข้อต่อไซ้ที่ระยะหย่อนไซ้ 4 cm อัตราทด

1.46



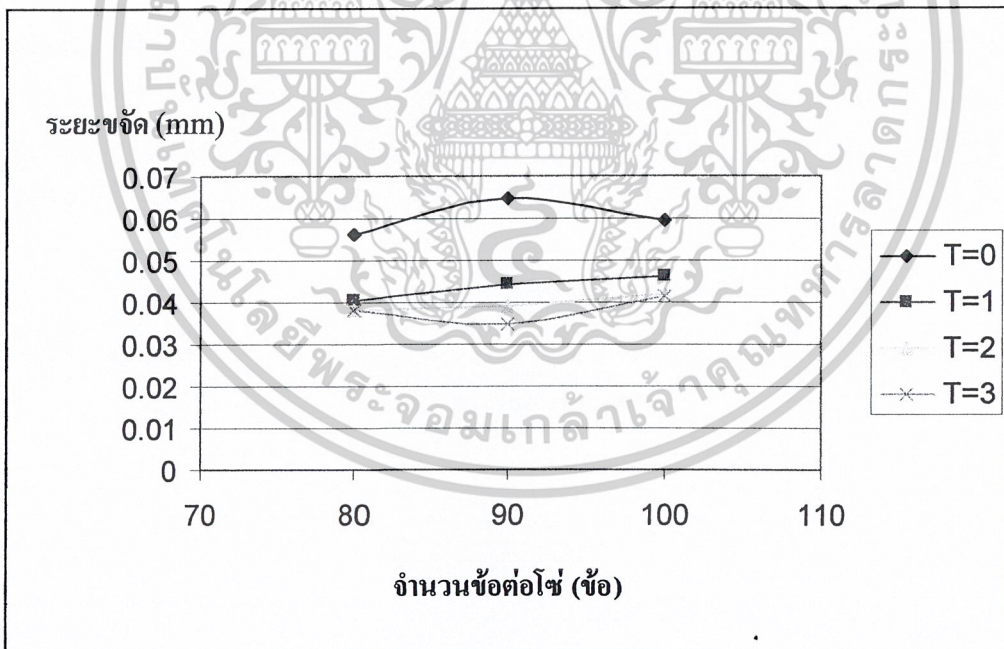
รูปที่ 5.21 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างขจัดกับจำนวนข้อต่อไซ้ที่ระยะหย่อนไซ้ 5 cm อัตราทด 1.46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.22 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะขจัดกับจำนวนข้อต่อโซ่ที่ระยะหย่อนโซ่ 1 cm อัตราทด

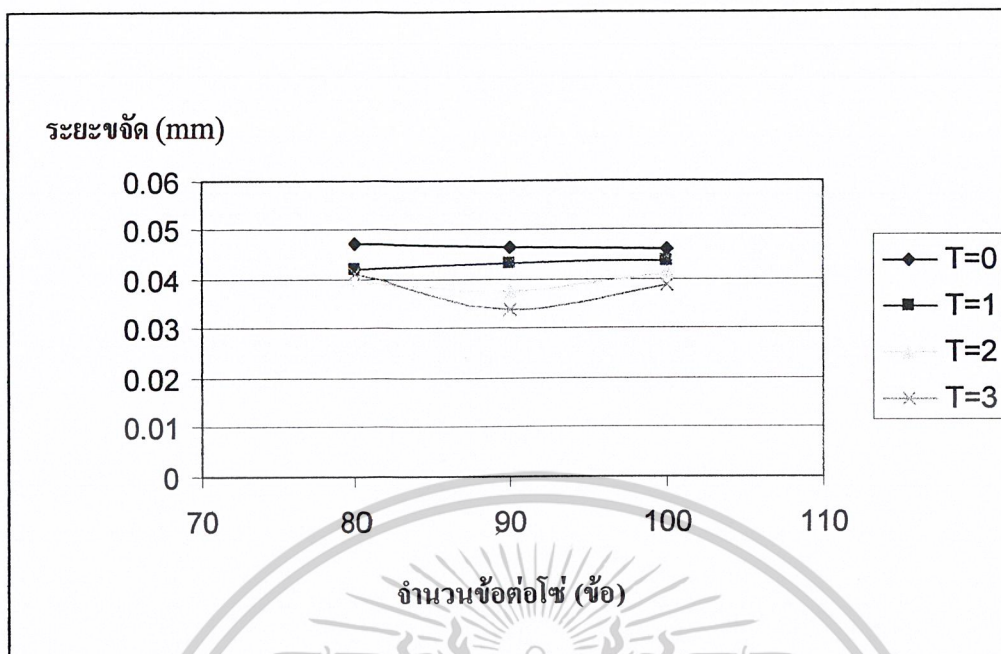
1.64



รูปที่ 5.23 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะขจัดกับจำนวนข้อต่อโซ่ที่ระยะหย่อนโซ่ 2 cm อัตราทด

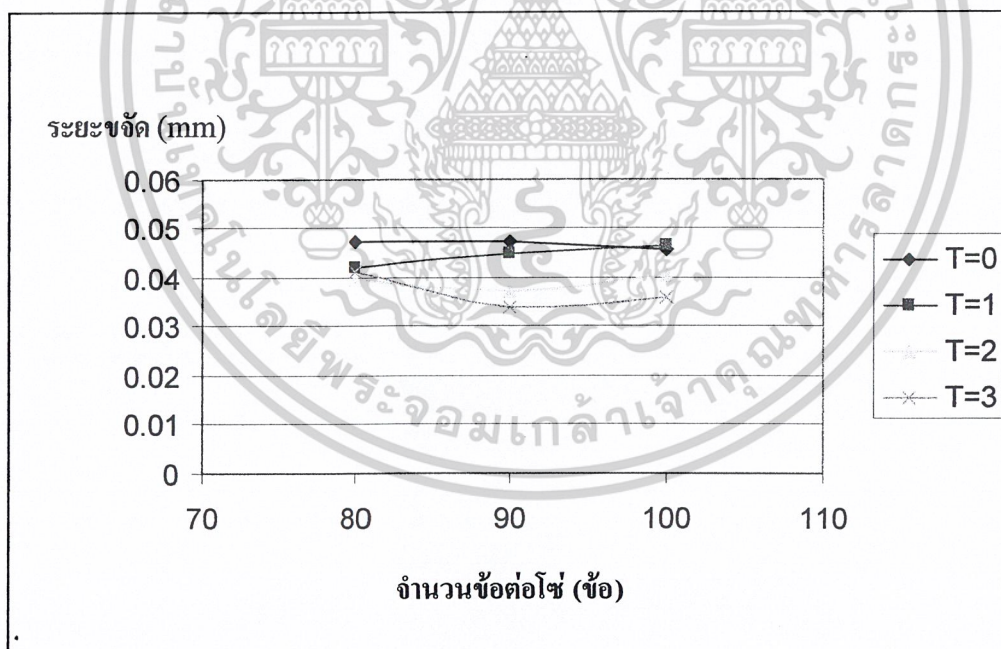
1.64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.24 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะขจัดกับจำนวนข้อต่อไซ้ที่ระยะหย่อนไซ้ 3 cm อัตราทด

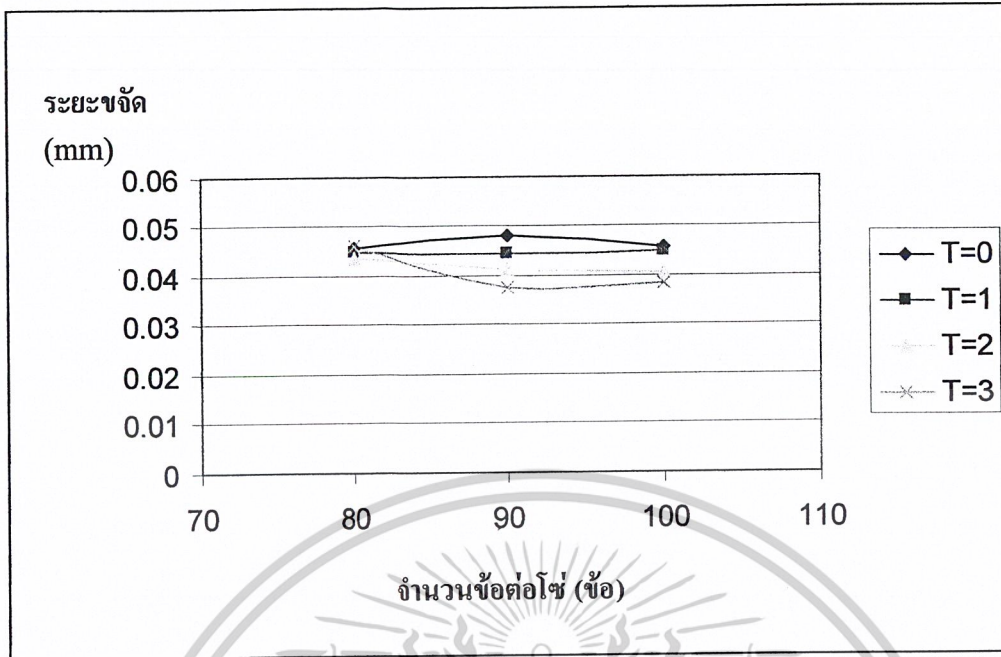
1.64



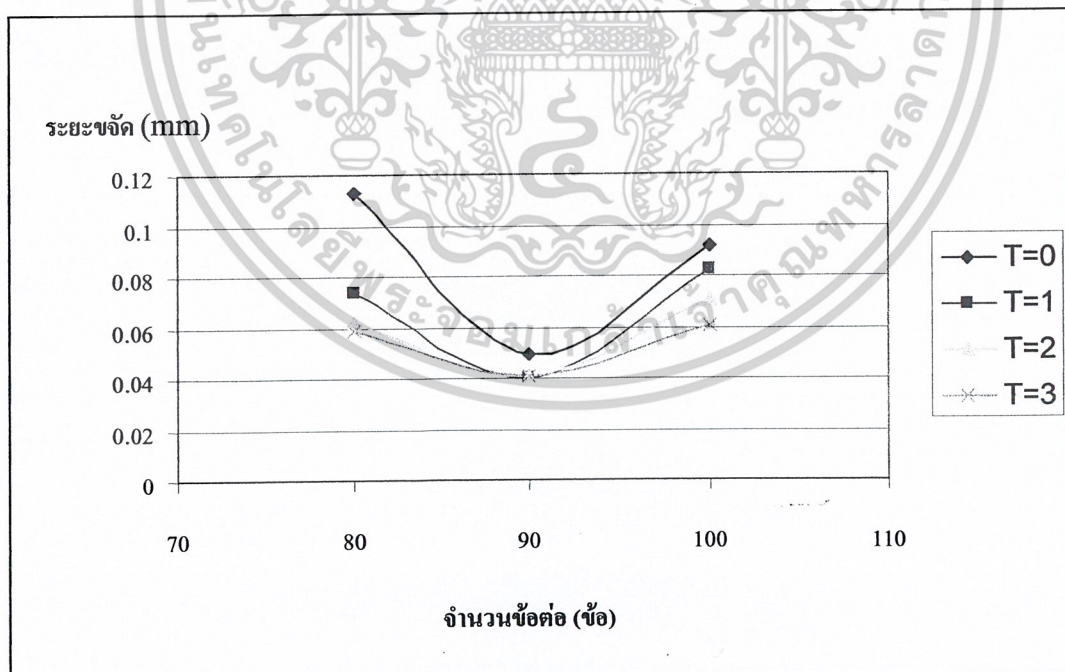
รูปที่ 5.25 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะขจัดกับจำนวนข้อต่อไซ้ที่ระยะหย่อนไซ้ 4 cm อัตราทด

1.64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



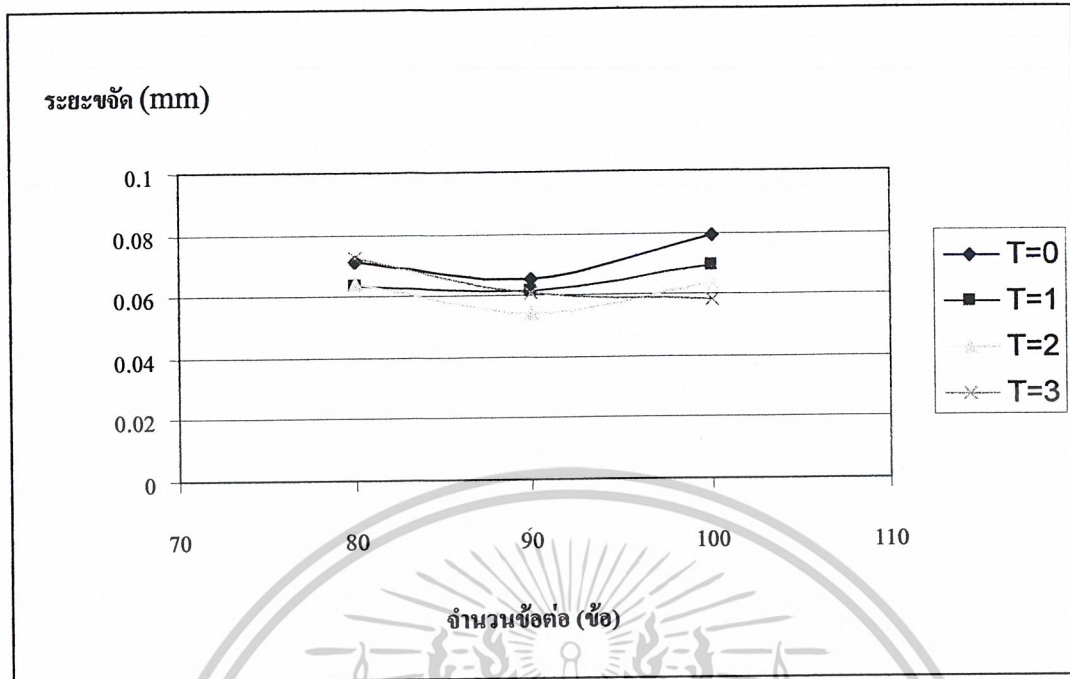
รูปที่ 5.26 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะขจัดกับจำนวนข้อต่อโซ่ที่ระยะหย่อนโซ่ 5 cm อัตราภาค 1.64



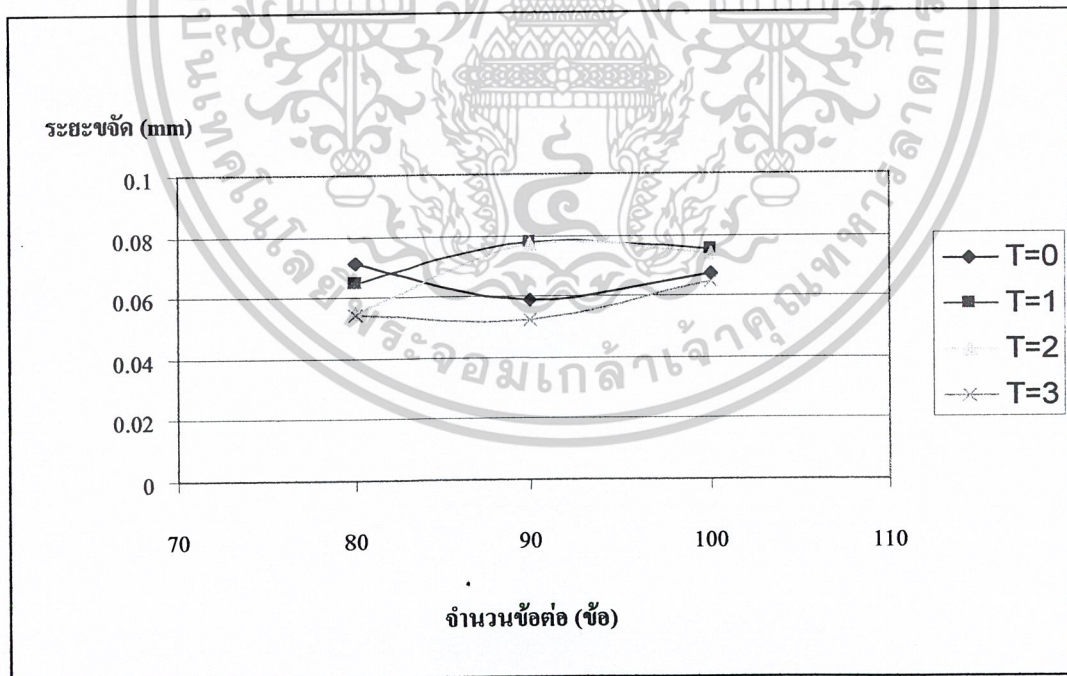
รูปที่ 5.27 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะขจัดกับจำนวนข้อต่อโซ่ที่ระยะหย่อนโซ่ 1 cm อัตราภาค 1.12

1.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



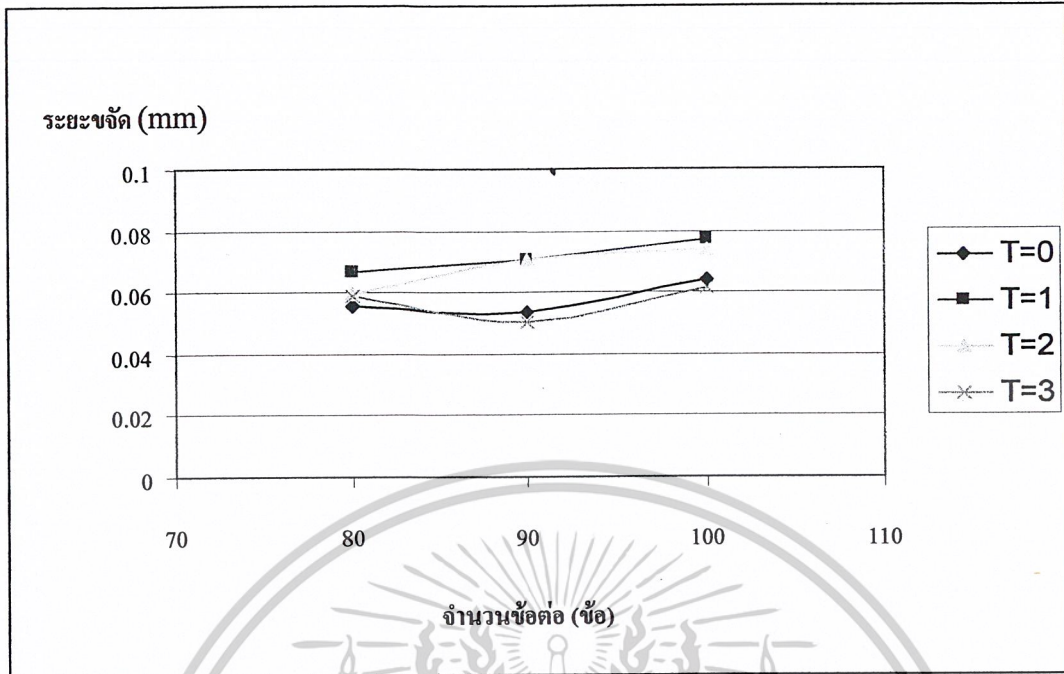
รูปที่ 5.28 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะขจัดกับจำนวนข้อต่อไซที่ระยะหย่อนไซ 2 cm อัตราภาค 1.12



รูปที่ 5.29 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะขจัดกับจำนวนข้อต่อไซที่ระยะหย่อนไซ 3 cm อัตราภาค

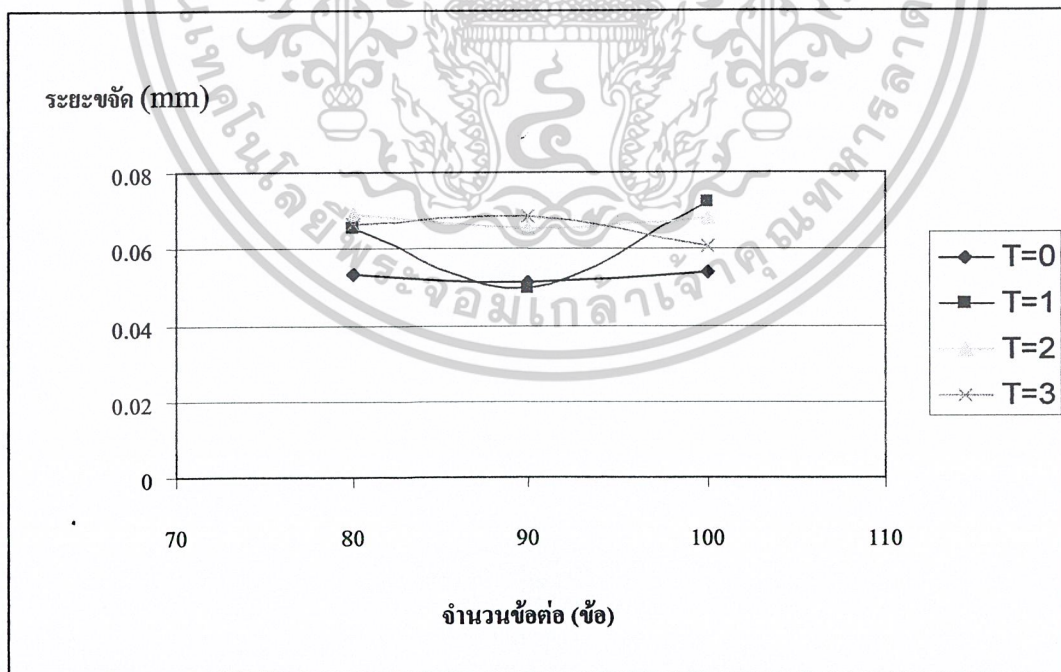
1.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.30 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะขจัดกับจำนวนข้อต่อไซที่ระยะหย่อนไซ 4 cm อัตราภาค

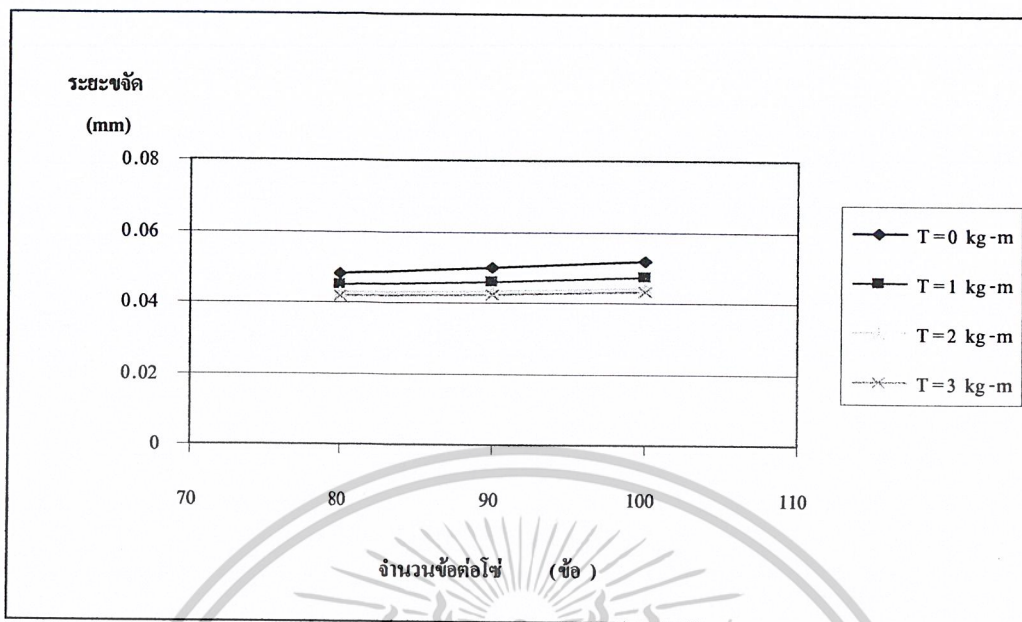
1.12



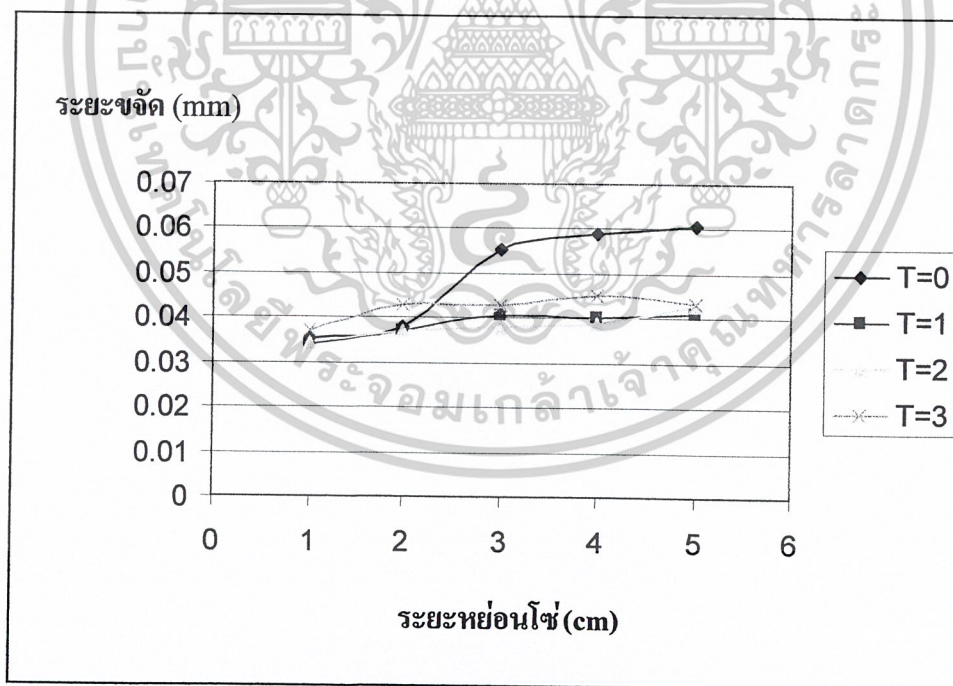
รูปที่ 5.31 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะขจัดกับจำนวนข้อต่อไซที่ระยะหย่อนไซ 5 cm อัตราภาค

1.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

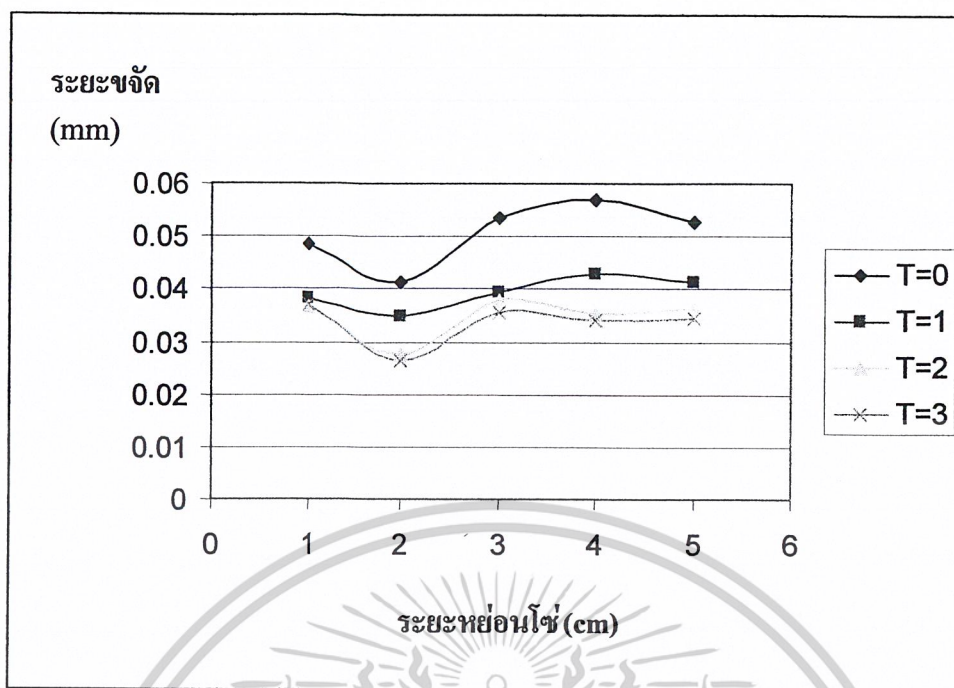


รูปที่ 5.32 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะขจัดกับจำนวนช้อต่อช้อ

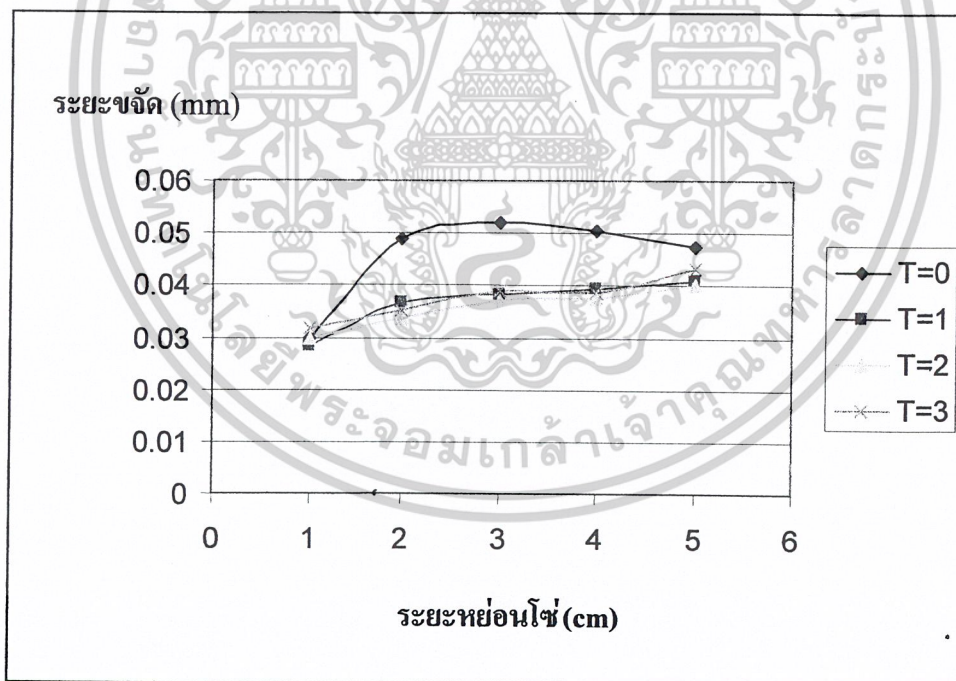


รูปที่ 5.33 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะขจัดกับระยะหย่อนที่ช้อต่อช้อ 100 อัตราทด 1.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

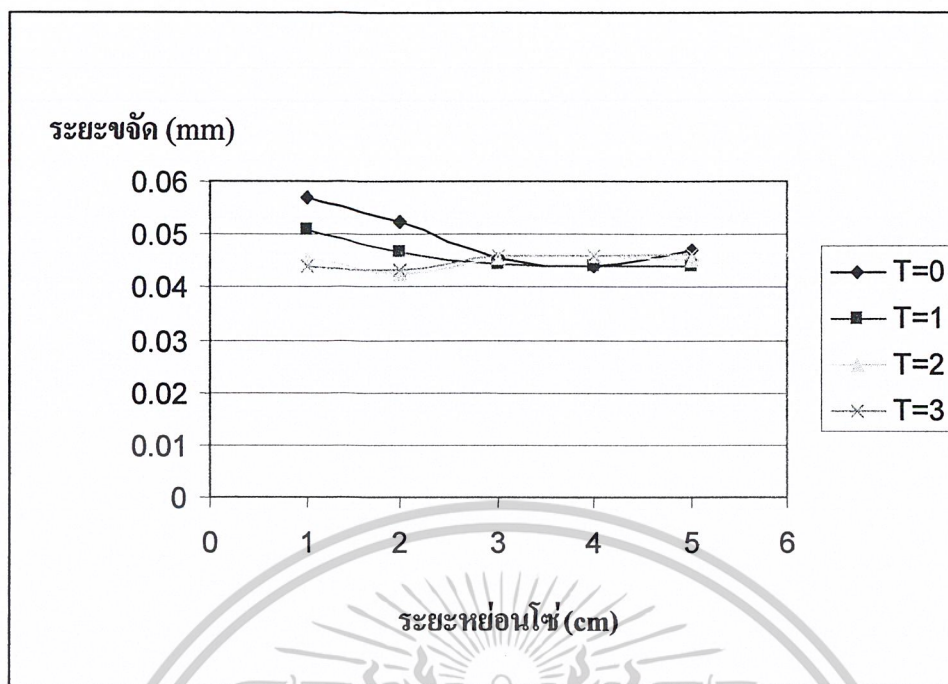


รูปที่ 5.34 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะขจัดกับระยะหย่อนโซ่ที่ข้อต่อโซ่ 90 อัตราทด 1.12

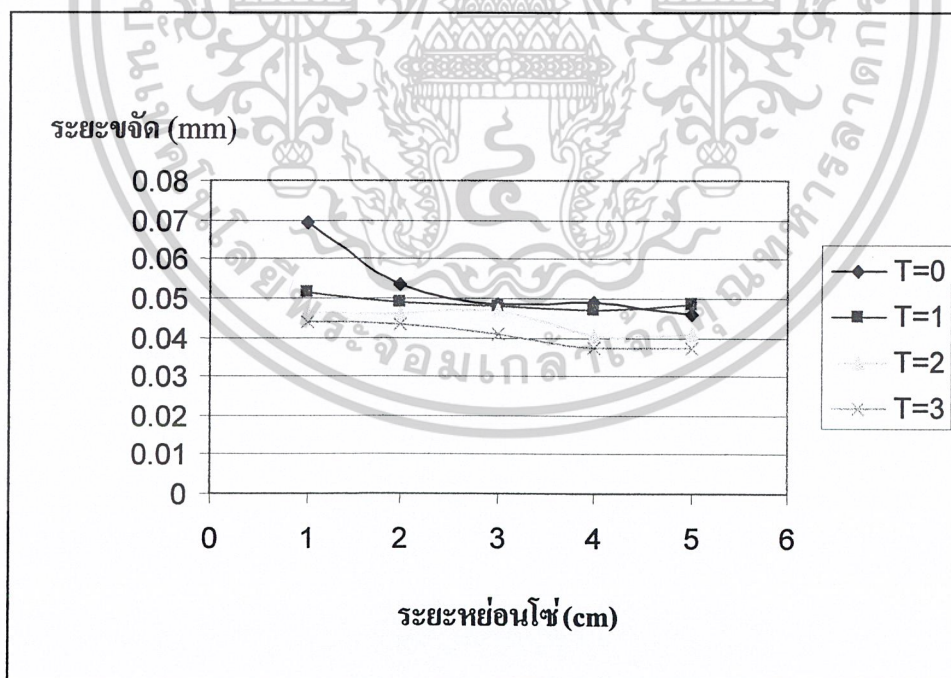


รูปที่ 5.35 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะขจัดกับระยะหย่อนโซ่ที่ข้อต่อโซ่ 80 อัตราทด 1.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

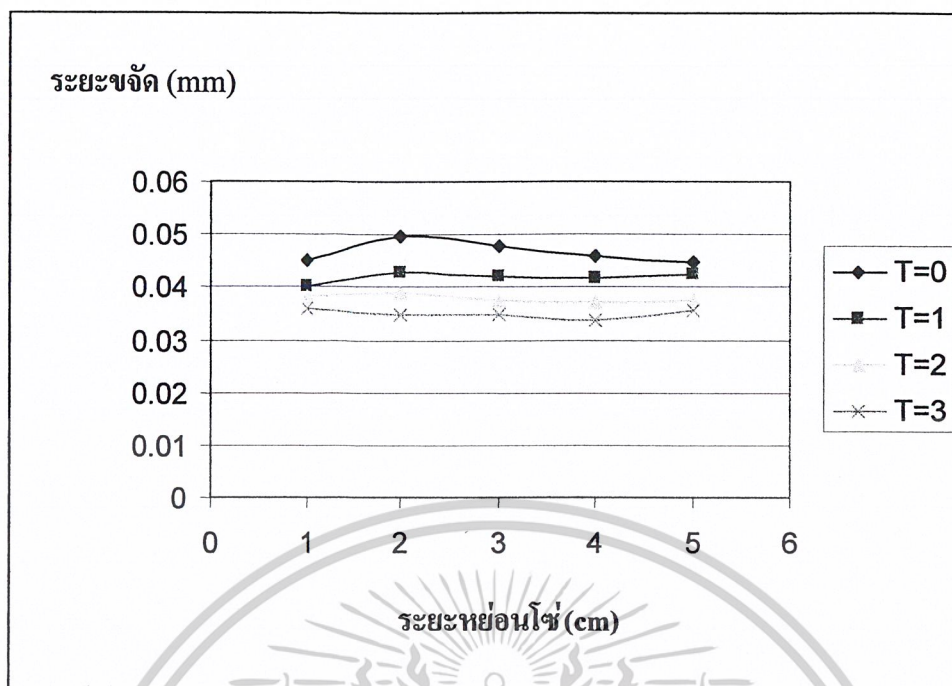


รูปที่ 5.36 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะขจัดกับระยะหย่อนโซ่ที่ข้อต่อโซ่ 100 อัตราภาค 1.46

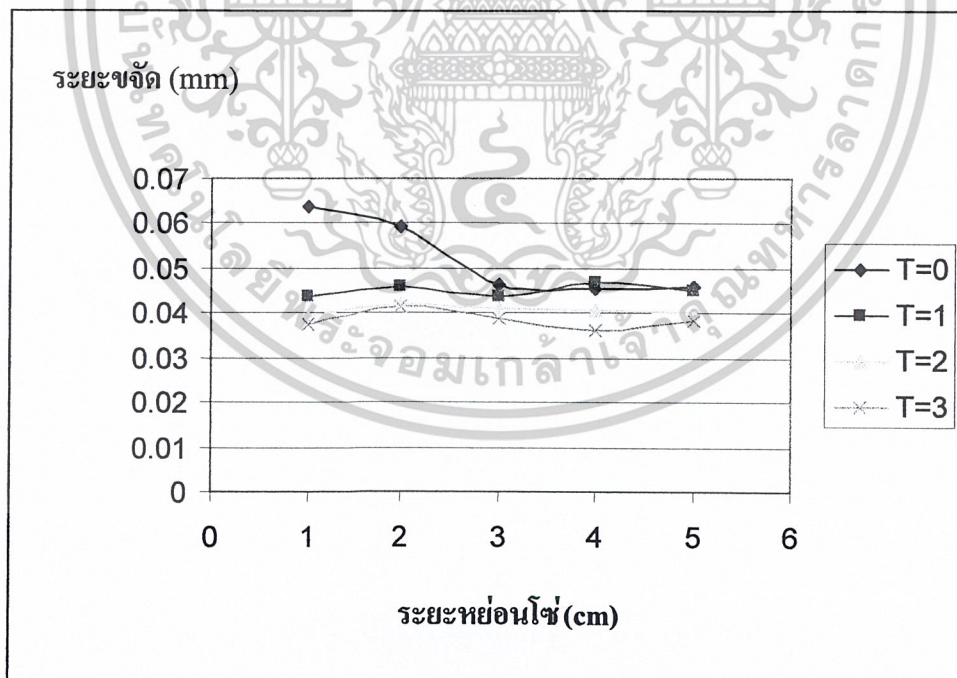


รูปที่ 5.37 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะขจัดกับระยะหย่อนโซ่ที่ข้อต่อโซ่ 90 อัตราภาค 1.46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

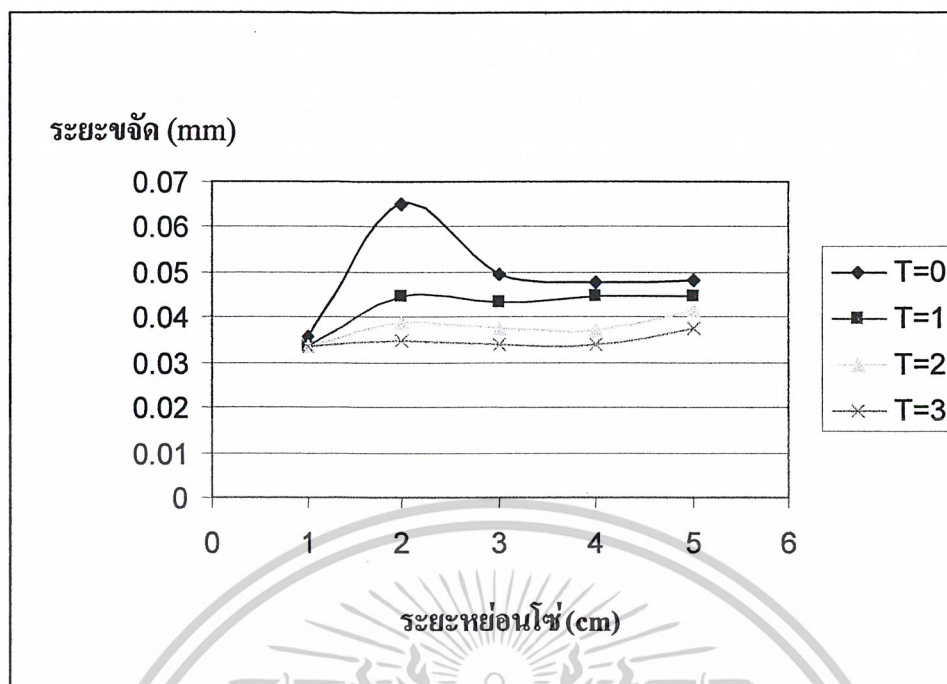


รูปที่ 5.38 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะขจัดกับระยะหย่อนโซ่ที่ข้อต่อโซ่ 80 อัตราทด 1.46

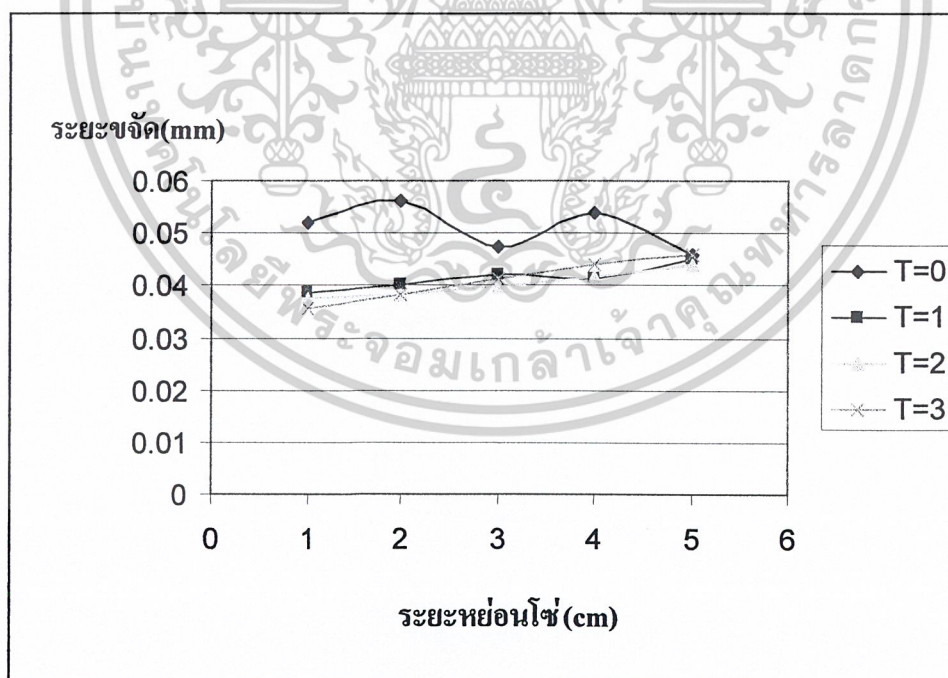


รูปที่ 5.39 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะขจัดกับระยะหย่อนโซ่ที่ข้อต่อโซ่ 100 อัตราทด 1.64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

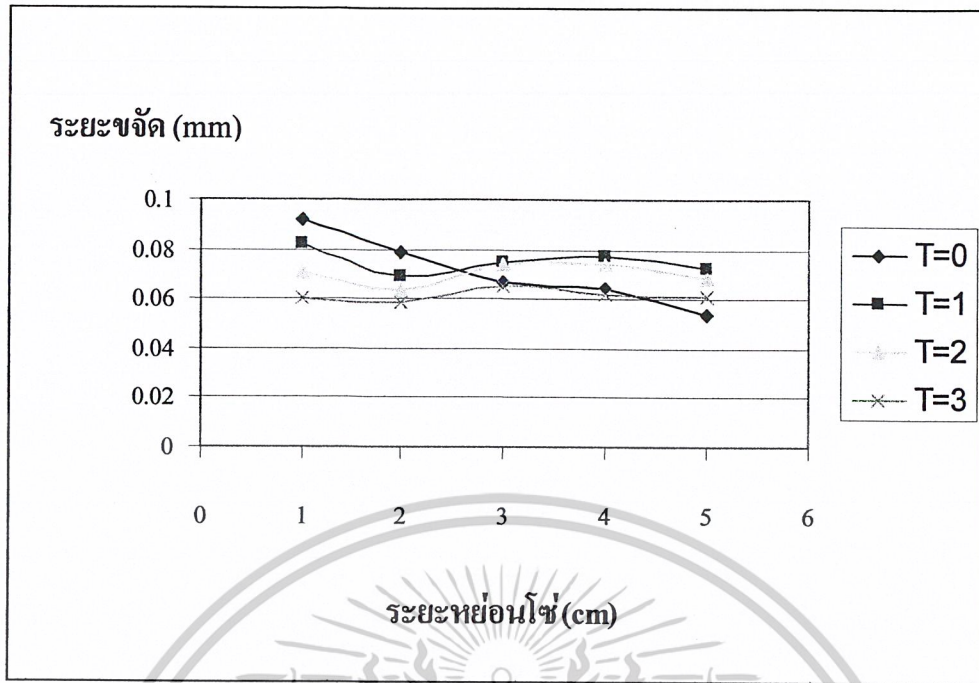


รูปที่ 5.40 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะขจัดกับระยะหย่อนโซ่ที่ข้อต่อโซ่ 90 อัตราภาค 1.64

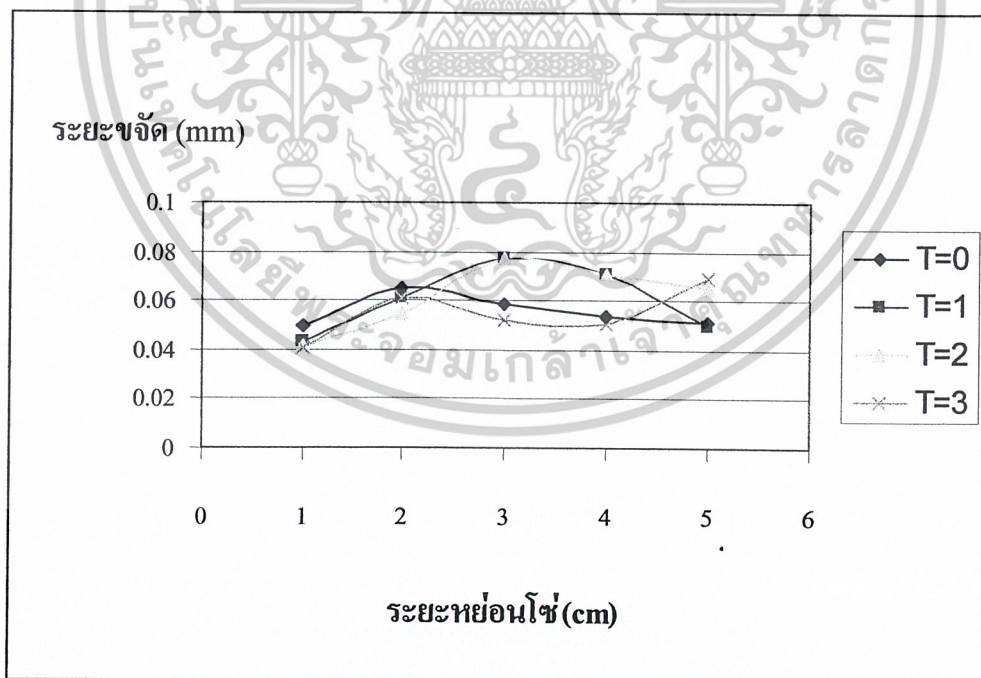


รูปที่ 5.41 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะขจัดกับระยะหย่อนโซ่ที่ข้อต่อโซ่ 80 อัตราภาค 1.64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

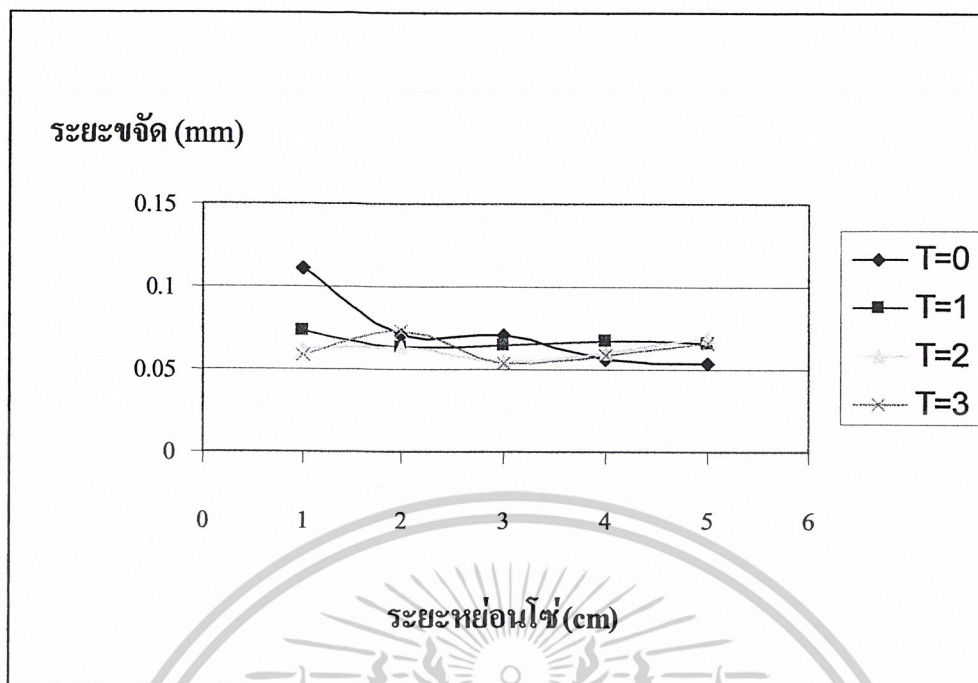


รูปที่ 5.42 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะชัดกับระยะหย่อนโฟกัสที่ข้อต่อ 100 อัตราทด 1.8

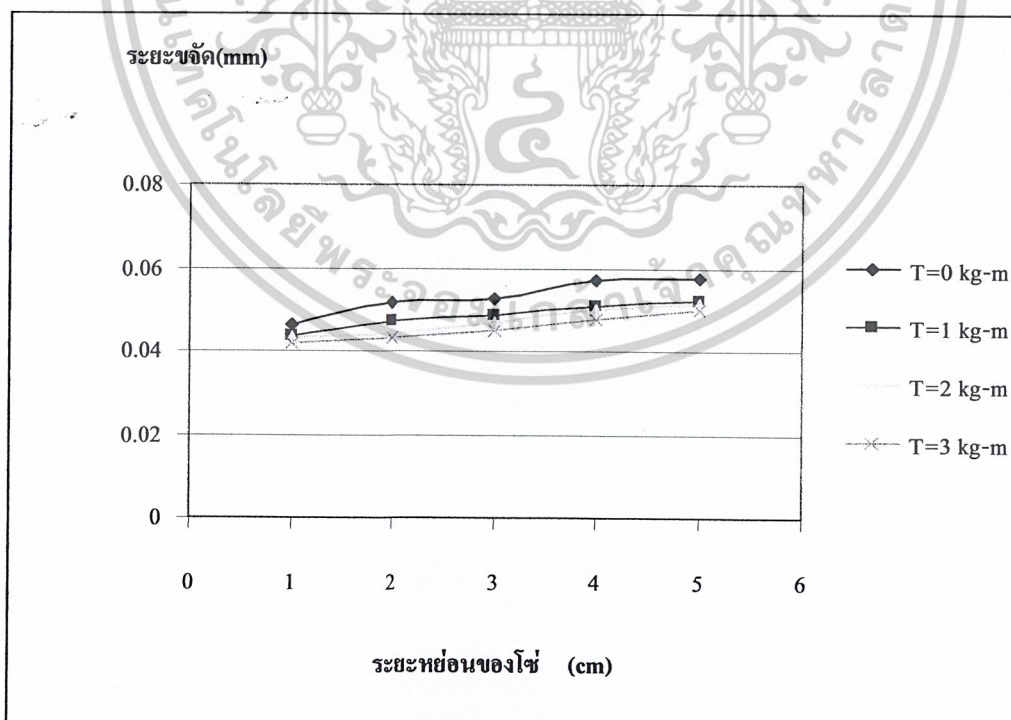


รูปที่ 5.43 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะชัดกับระยะหย่อนโฟกัสที่ข้อต่อ 90 อัตราทด 1.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

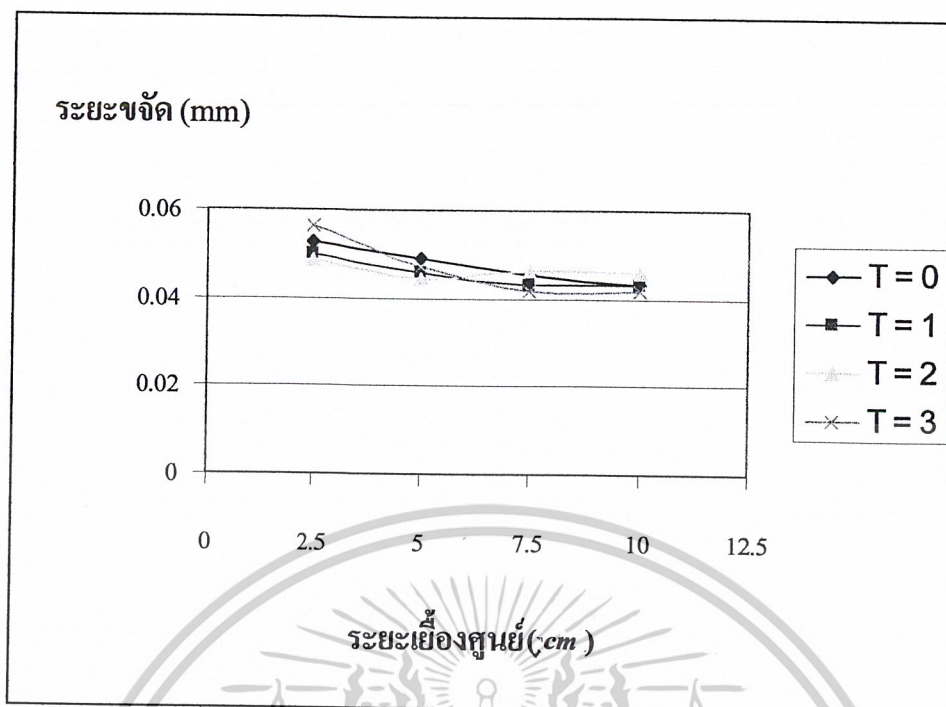


รูปที่ 5.44 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะขจัดกับระยะหย่อนโซ่ที่ข้อต่อ 80 อัตราคด 1.8

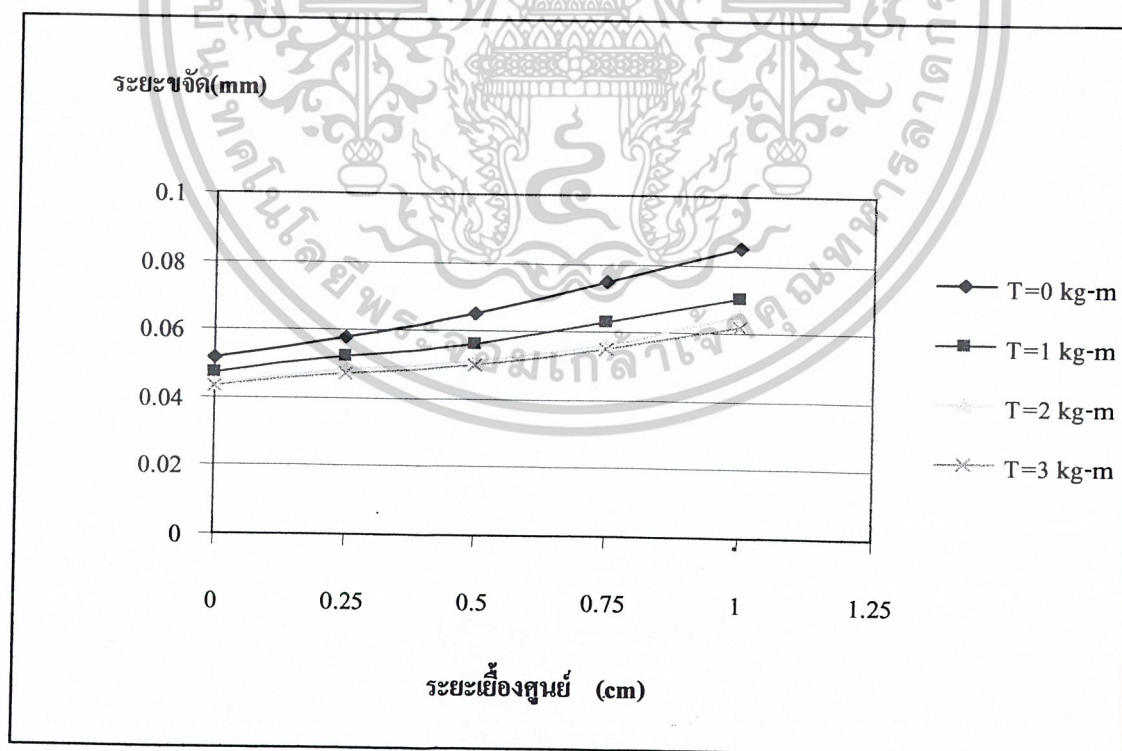


รูปที่ 5.45 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะขจัดกับระยะหย่อนของโซ่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

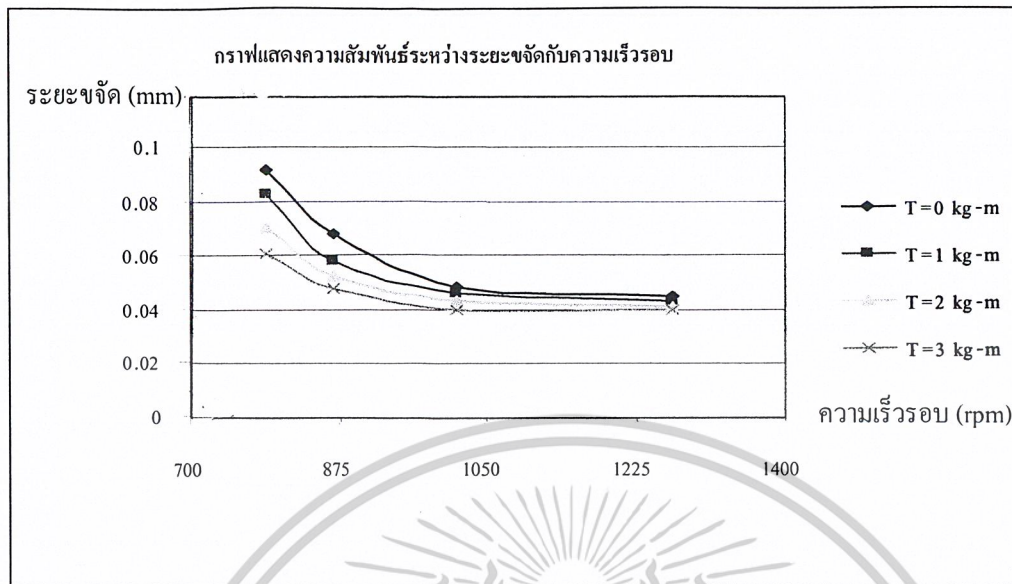


รูปที่ 5.46 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะขจัดกับระยะเยื้องศูนย์กลางที่ อัตราทด 1.8 ระยะหย่อน 2cm เมื่อทำการทดลองจากระยะเยื้องศูนย์กลางที่มากที่สุดไปหาค่าที่น้อยที่สุด



รูปที่ 5.47 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะขจัดกับระยะเยื้องศูนย์กลางที่อัตราทด 1.8 ระยะหย่อนโซ่ 2 cm เมื่อทำการทดลองจากระยะเยื้องศูนย์กลางที่ค่าน้อยที่สุดไปหาค่าที่มากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.48 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะชักกับความเร็วรอบ

### 5.3 วิเคราะห์ผลการทดลอง

- จากรูปที่ 5.1.1 เป็นกราฟแสดงผลในแนวแกน Y ซึ่งจะเห็นได้ว่าจะมีระยะชักมากกว่ารูปที่ 5.1.2 ในแนวแกน X เพราะว่าแกน Y จะมีผลจากการสั่นสะเทือนซึ่งมีผลมาจากอัตราเร่งของระบบมากกว่าแกน X
- จากรูปที่ 5.1.3 เป็นกราฟแสดงผลความถี่ธรรมชาติที่ก่อให้เกิดอัตราเร็วสูงสุดของระบบซึ่งจะส่งผลให้ระบบเกิดระยะชักสูงสุด ซึ่งจะทำให้ระบบเสียหายได้
- จากรูปที่ 5.2 ถึงรูปที่ 5.16 จะเห็นได้ว่าระบบจะมีอัตราทดที่เหมาะสมซึ่งจะทำให้มีระยะชักต่ำสุดและเมื่ออัตราทดสูงขึ้นระยะชักจะมีแนวโน้มที่จะสูงขึ้น
- จากรูปที่ 5.17 ถึงรูปที่ 5.32 จะเห็นว่าเมื่อระบบมีจำนวนข้อต่อโซ่จำนวนหนึ่งที่ทำให้ระบบเกิดระยะชักสูงสุดและเมื่อระบบมีจำนวนข้อต่อโซ่จำนวนน้อยๆจะทำให้ระบบเกิดระยะชักน้อยและตรงกันข้ามเมื่อระบบมีจำนวนข้อต่อโซ่มาก จะทำให้ระบบมีระยะชักที่มีค่าสูงขึ้นผันแปรตามจำนวนข้อต่อโซ่
- จากรูปที่ 5.33 ถึงรูปที่ 5.45 เมื่อระบบมีระยะหย่อนมากขึ้นระบบจะมีระยะชักที่มีแนวโน้มมีค่าสูงขึ้นตามระยะหย่อนและจะมีระยะชักที่มีค่าต่ำสุดเมื่อระยะหย่อนมีค่าที่เหมาะสม
- จากรูปที่ 5.46 ได้จากการทดลองโดยทดลองค่าระยะเยื้องของเฟืองโซ่ตามและ โซ่ขับที่ค่ามากแล้วทดลองที่ค่าน้อย ทำให้ระยะชักและการสั่นสะเทือนที่ลดต่ำลงตามระยะเยื้องที่เพิ่มขึ้น ซึ่งตรงกันข้ามกับรูปที่ 5.47 ซึ่งได้จากการทดลองที่ระยะเยื้องที่ค่ามากแล้วปรับเข้าสู่ค่าน้อย ซึ่งจะได้กราฟระยะชักเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเยื้องเพิ่มมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 6

### สรุป

#### 6.1 สรุปผลการทดลอง

1. การสั่นสะเทือนจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อจำนวนอัตราทดเพิ่มขึ้น
2. การสั่นสะเทือนจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อจำนวนข้อต่อเพิ่มขึ้น
3. การสั่นสะเทือนจะมีค่าลดลงเมื่อความเร็วรอบเพิ่มขึ้น
4. การสั่นสะเทือนจะมีค่าลดลงเมื่อแรงบิดเพิ่มขึ้น
5. การสั่นสะเทือนจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเยื้องศูนย์กลางของเฟืองโซ่มีค่าเพิ่มขึ้น
6. การสั่นสะเทือนจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อระยะหย่อนโซ่มีค่าเพิ่มขึ้น

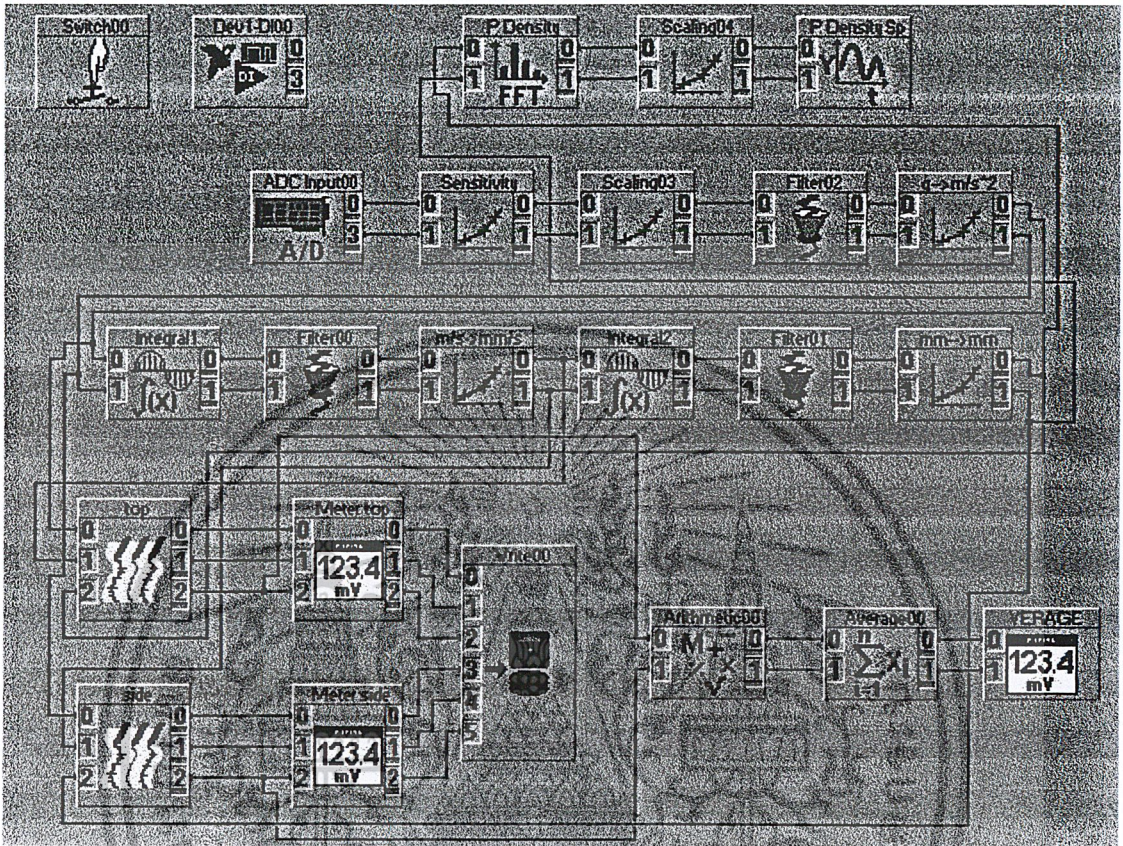
#### 6.2 ข้อเสนอแนะ

จากการทดลองอาจจะค่าที่คลาดเคลื่อนจากทฤษฎี จึงมีข้อเสนอแนะดังนี้

1. ในการติดตั้งการทดลองแต่ละครั้งควรทำอย่างระมัดระวังและทำด้วยความแม่นยำซึ่งต้องมีอุปกรณ์การวัดที่แน่นอนเพื่อให้การวัดแต่ละครั้งเป็นไปด้วยความแม่นยำและได้ค่าที่แน่นอน
2. ระหว่างการทดลองต้องมีการควบคุมสิ่งแวดล้อมให้ดี หากสิ่งแวดล้อมภายนอกครบถ้วนจะทำให้การสั่นสะเทือนผิดเพี้ยนไป
3. การควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์ทำได้ยาก เนื่องจากกระแสไฟฟ้าในมอเตอร์ตอนเริ่มหมุนจะมีค่าสูง กระแสไฟจะเกิดการกระชาก ทำให้ความเร็วรอบของมอเตอร์มีค่าไม่คงที่ ควรมีการติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์ให้แม่นยำแต่มีราคาสูง ดังนั้นผู้ทดลองจึงควบคุมความเร็วรอบโดยใช้การเปลี่ยนแปลงขนาดของเฟืองขับแทนซึ่งความเร็วรอบจะไม่ถูกต้องนักจึงควรใช้อุปกรณ์ควบคุมความเร็วซึ่งจะให้ความเที่ยงตรงมากกว่า
4. มอเตอร์ที่ใช้ควรมีแรงบิดที่สูงพอ เมื่อเวลาใส่โหลดเข้าไปเพื่อเพิ่มภาระให้แก่ระบบ ความเร็วรอบของมอเตอร์จะมีค่าคงที่กว่านี้จะมีช่วงของการทดลองเปลี่ยนโหลดได้มากกว่านี้
5. ในการติดตั้ง Accelerometer ผิวหน้าที่ติดตั้งควรจะเรียบสนิทและสะอาดอยู่เสมอจึงจะส่งสัญญาณการสั่นสะเทือนได้ดี

ภาคผนวก ก.

โปรแกรมที่ใช้ในการวิเคราะห์สัญญาณ



รูปที่ ก.1 แผนผังของโปรแกรม *DASyLab* สำหรับรับสัญญาณและวิเคราะห์ผล

**Module** ที่ใช้ในแผนผังโปรแกรม *DASyLab*

1. A/D module ทำหน้าที่รับสัญญาณมาจาก sensor โดยแปลงสัญญาณจาก analog เป็น digital
2. Sensitivity module ทำหน้าที่ปรับค่าสัญญาณและแปลงหน่วยของสัญญาณให้ถูกต้อง
3. Scaling module ทำหน้าที่ปรับค่าสัญญาณให้แสดงอยู่ในรูปกราฟเส้นตรง
4. Filter module ทำหน้าที่กรองสัญญาณรบกวนออก
5. Intergration module ทำหน้าที่ integrate สัญญาณ
6. FFT module ทำหน้าที่แปลงสัญญาณจาก time domain เป็น frequency domain
7. Y/T module ทำหน้าที่แปลงสัญญาณที่ได้ออกมาเป็นกราฟ
8. Recorder module ทำหน้าที่แปลงสัญญาณที่ได้ออกมาเป็นกราฟหน้าจอแบบ oscilloscope
9. Meter module ทำหน้าที่แปลงสัญญาณที่ได้ออกมาเป็นตัวเลข
10. Arithmetic ทำหน้าที่แปรผลเป็นค่า absolute
11. Average module ทำหน้าที่หาค่าเฉลี่ยออกมา
12. Average module ทำหน้าที่หาค่าเฉลี่ยออกมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

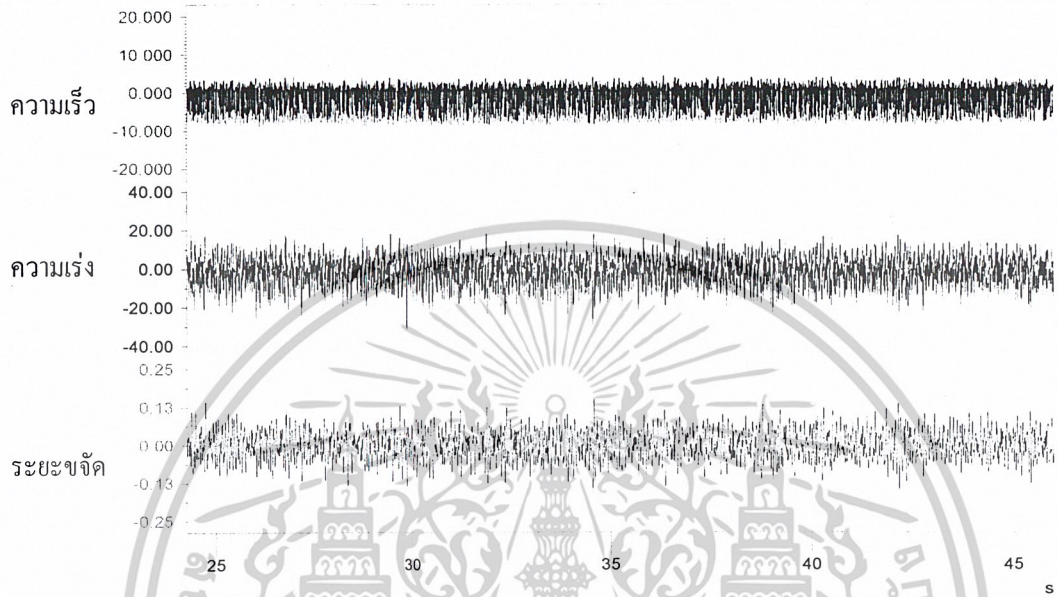
## การทำงานของโปรแกรม DASyLab

1. A/D module รับสัญญาณมาจาก sensor ในหน่วย volt
2. นำสัญญาณมาปรับค่า sensitivity ของ sensor ที่ sensitivity module
3. นำสัญญาณที่ได้มาผ่าน Scaling module เพื่อแปลงหน่วยจากหน่วย volt เป็นหน่วย g และทำให้กราฟเป็นเส้นตรง
4. นำค่าสัญญาณที่ได้มาผ่าน Filter module เพื่อกรองสัญญาณรบกวนออกโดยตั้งความถี่ที่สูงกว่า 10 Hz สามารถผ่านได้
5. หลังจากสัญญาณที่ผ่าน Filter module นำมาแปลงหน่วยจากหน่วย m/s<sup>2</sup> ใน Scaling module
6. นำสัญญาณส่วนหนึ่งมาเข้า FFT module เพื่อแปลงสัญญาณจาก Time domain เป็น frequency domain
7. แล้วนำสัญญาณที่ได้มาเข้า Scaling module เพื่อแปลงหน่วยและปรับกราฟให้อยู่ในรูปเส้นตรง แล้วนำสัญญาณที่ได้มาแสดงผลใน Y/T module
8. สัญญาณที่ได้จากข้อที่ 5 นำมาเข้า Integration module เพื่อ integrate สัญญาณจากความเร็วเป็นความเร็ว
9. แล้วนำสัญญาณมาเข้า Filter module เพื่อกรองสัญญาณรบกวนออกโดยตั้งความถี่ที่สูงกว่า 10 Hz สามารถผ่านได้อีกครั้งหนึ่ง
10. หลังจากสัญญาณที่ผ่าน Filter module นำมาแปลงหน่วยจากหน่วย m/s เป็นหน่วย mm/s ใน Scaling module
11. นำสัญญาณส่วนหนึ่งมาเข้า FFT module เพื่อแปลงสัญญาณจาก Time domain เป็น frequency domain ในช่วงความเร็วกับความถี่โดยแสดงผลออกมาเป็นกราฟใน Y/T module
12. นำสัญญาณที่ได้จากข้อ 11 มาเข้ากับ Recorder module เพื่อดูความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับเวลาแล้วนำสัญญาณมาเข้า Meter module เพื่อให้แสดงออกมาเป็นตัวเลข
13. นำสัญญาณที่ได้จากข้อ 11 มาเข้า Integration module เพื่อ integrate สัญญาณจากความเร็วเป็นการกระจัด
14. แล้วนำสัญญาณมาเข้า Filter module เพื่อกรองสัญญาณรบกวนออกโดยตั้งความถี่ที่สูงกว่า 10 Hz สามารถผ่านได้อีกครั้งหนึ่ง
15. หลังจากสัญญาณที่ผ่าน Filter module นำมาเพื่อปรับกราฟให้อยู่ในรูปเส้นตรงใน Scaling module
16. แล้วนำสัญญาณมาเข้า Recorder module เพื่อดูความสัมพันธ์ระหว่างการกระจัดกับเวลาแล้วนำสัญญาณมาเข้า Meter module เพื่อให้แสดงออกมาเป็นตัวเลข

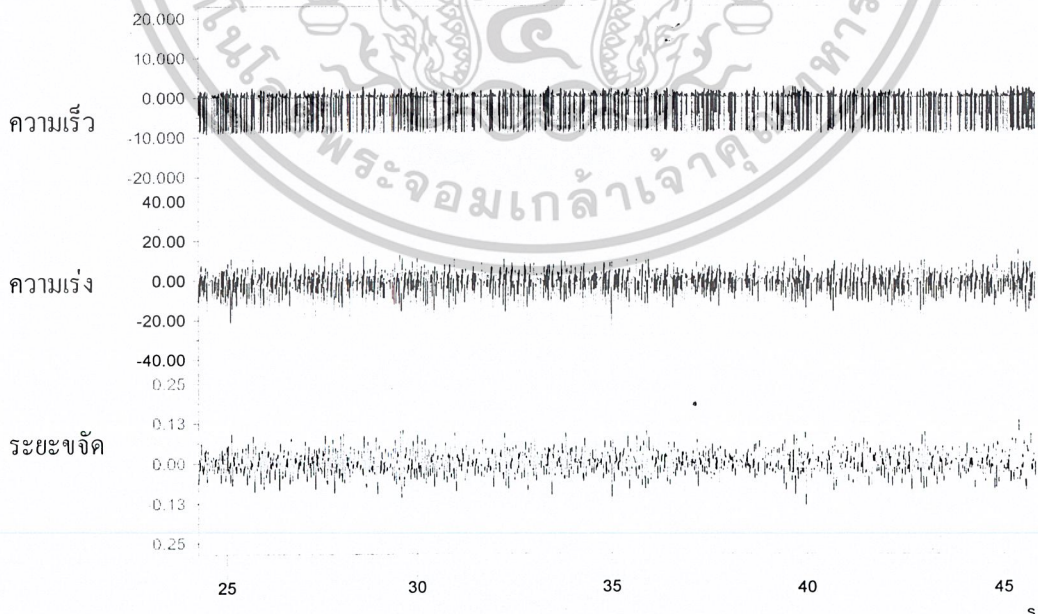
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

กราฟแสดงผลการทดลองแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร่ง, อัตราเร็วและระยะขจัด  
กับเวลา

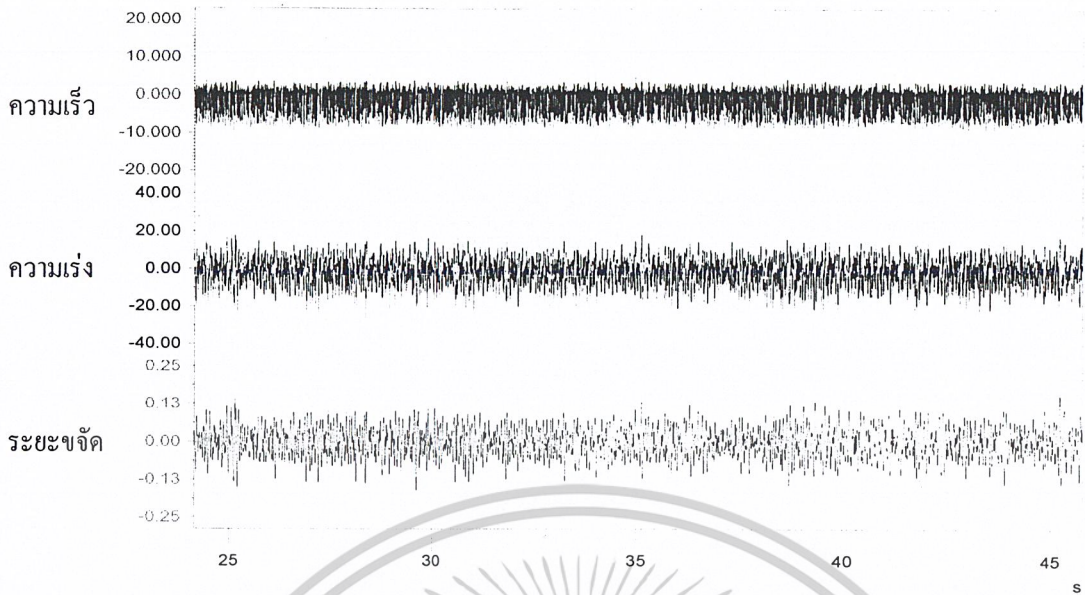


รูปที่ ข.1 กราฟแสดงผลแนวแกน Y ที่อัตราทด 1.12 และจำนวนข้อต่อโซ่ 80 ข้อ



รูปที่ ข.2 กราฟแสดงผลแนวแกน X ที่อัตราทด 1.12 และจำนวนข้อต่อโซ่ 80 ข้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

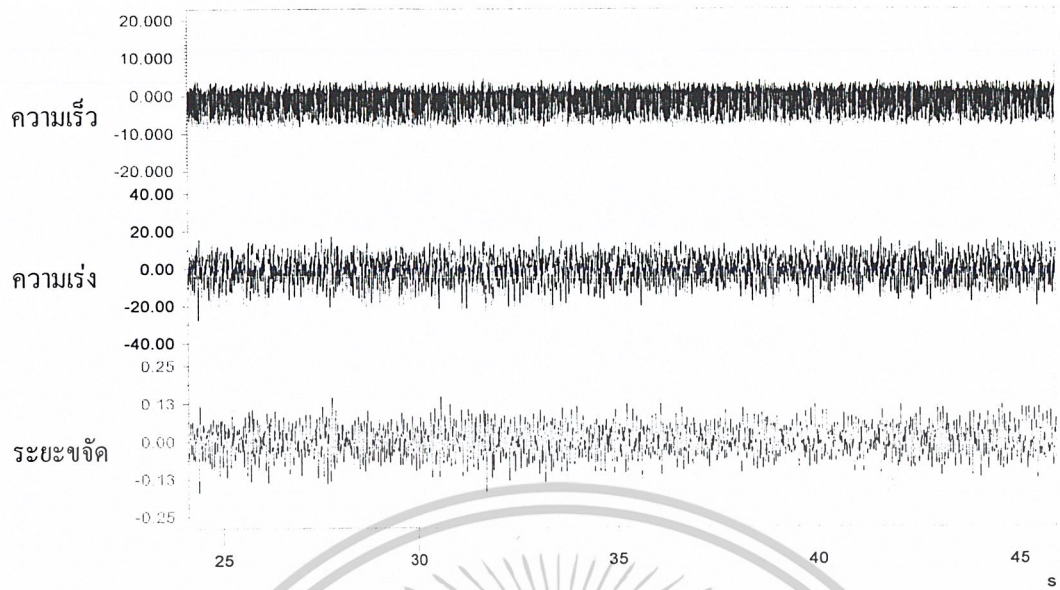


รูปที่ ข.3 กราฟแสดงผลแนวแกน Y ที่อัตราต 1.12 และจำนวนข้อต่อโซ่ 90 ข้อ



รูปที่ ข.4 กราฟแสดงผลแนวแกน X ที่อัตราต 1.12 และจำนวนข้อต่อโซ่ 90 ข้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

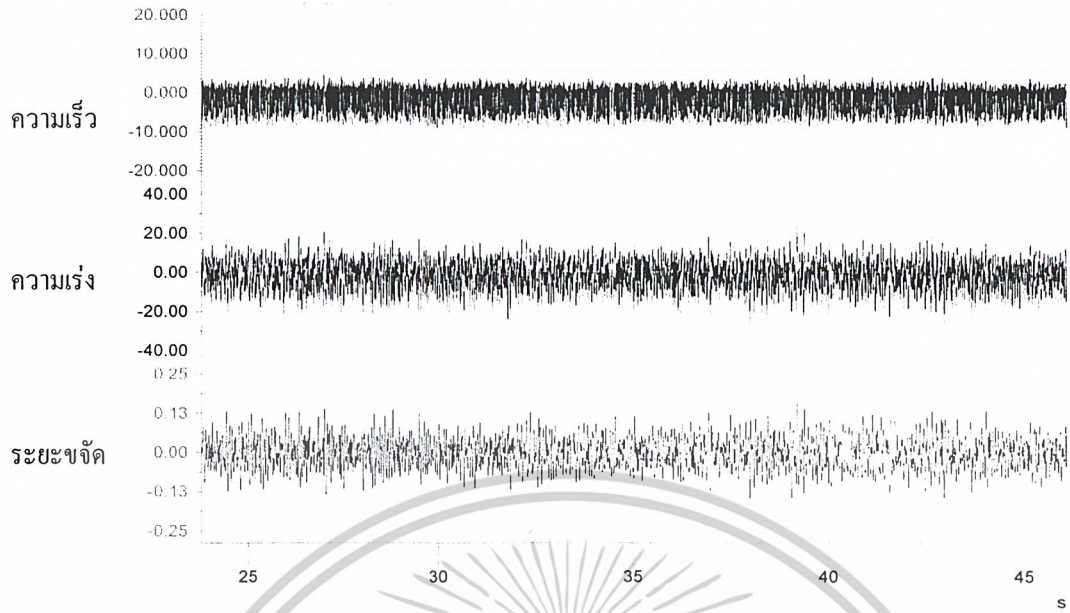


รูปที่ ข.5 กราฟแสดงผลแนวแกน Y ที่อัตราทด 1.12 และจำนวนข้อต่อโซ่ 100 ข้อ

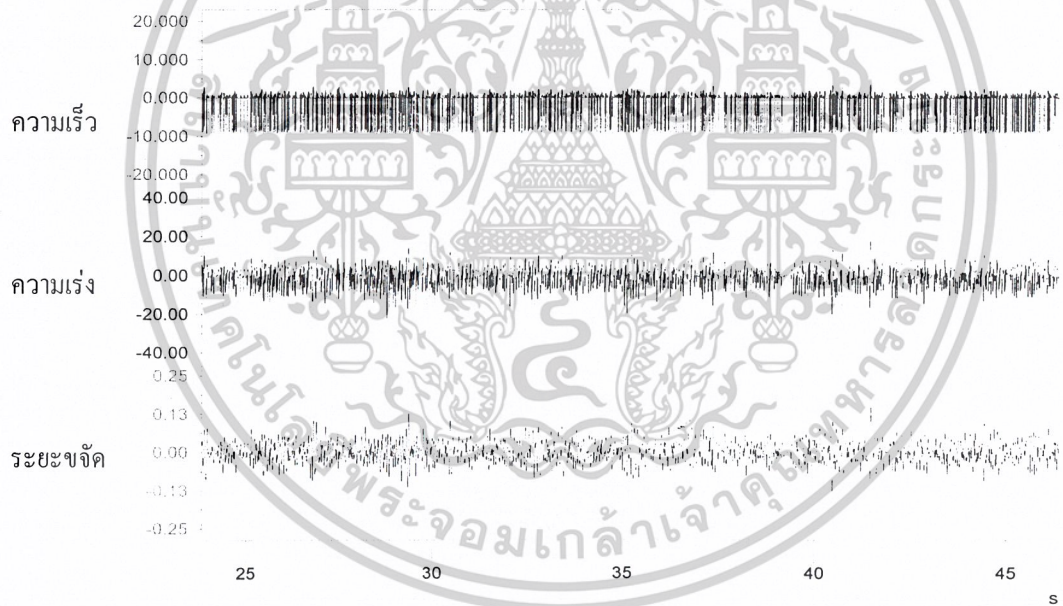


รูปที่ ข.6 กราฟแสดงผลแนวแกน X ที่อัตราทด 1.12 และจำนวนข้อต่อโซ่ 100 ข้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

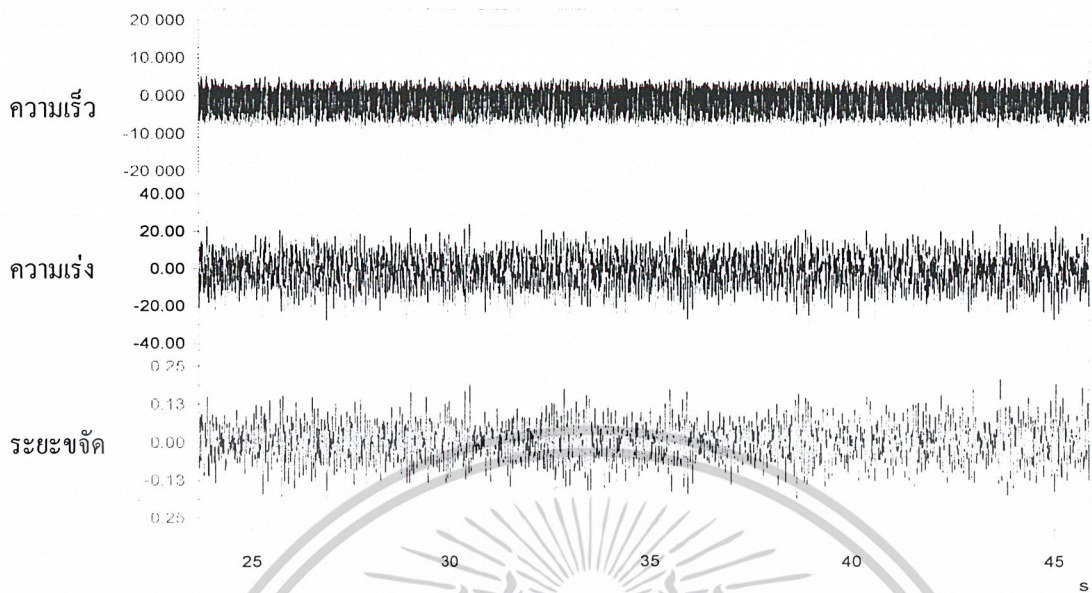


รูปที่ ข.7 กราฟแสดงผลแนวแกน Y ที่อัตราต 1.46 และจำนวนข้อต่อโซ่ 80 ข้อ



รูปที่ ข.8 กราฟแสดงผลแนวแกน X ที่อัตราต 1.46 และจำนวนข้อต่อโซ่ 80 ข้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

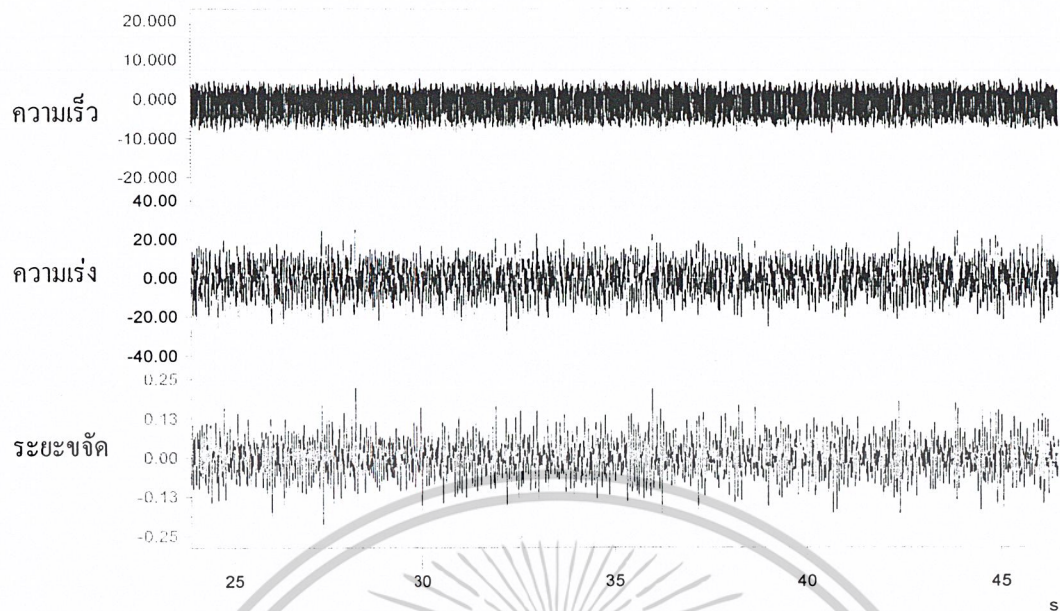


รูปที่ ข.9 กราฟแสดงผลแนวแกน Y ที่อัตราทด 1.46 และจำนวนข้อต่อโซ่ 90 ข้อ



รูปที่ ข.10 กราฟแสดงผลแนวแกน X ที่อัตราทด 1.46 และจำนวนข้อต่อโซ่ 90 ข้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

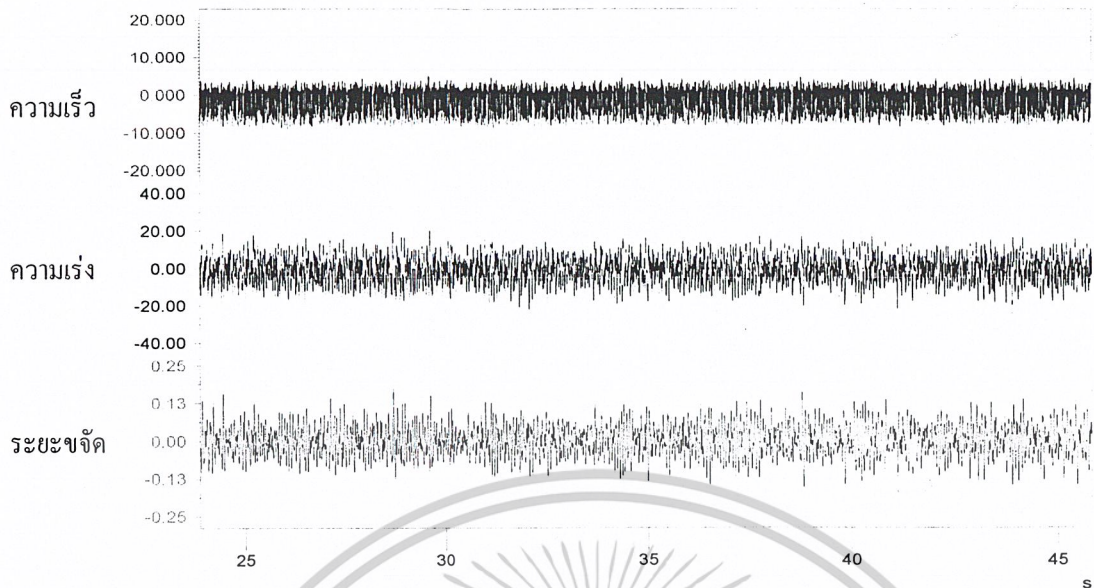


รูปที่ ข.11 กราฟแสดงผลแนวแกน Y ที่อัตราทด 1.46 และจำนวนข้อต่อโซ่ 100 ข้อ

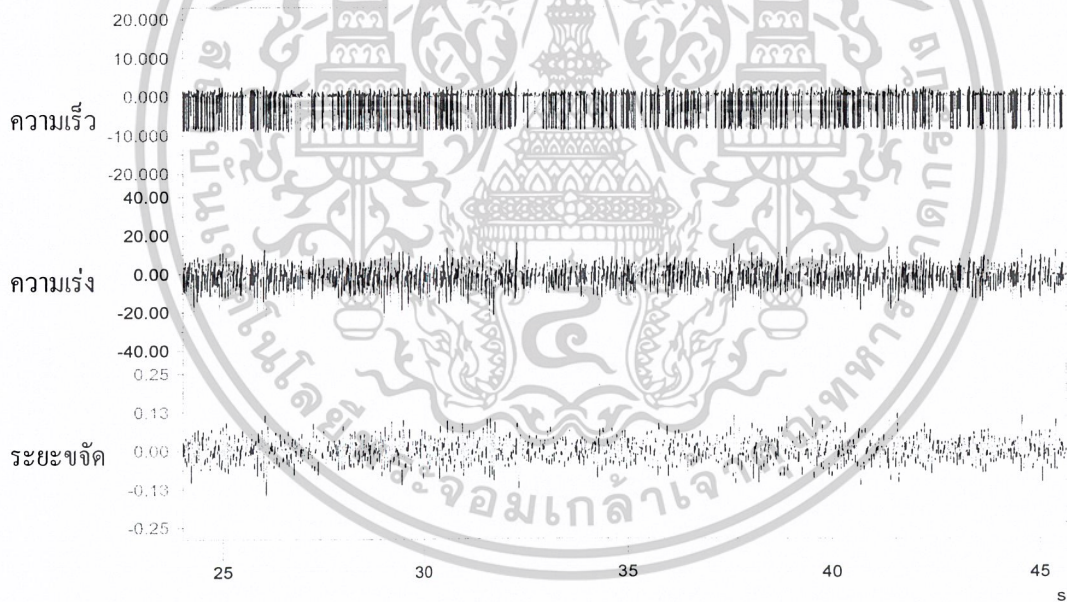


รูปที่ ข.12 กราฟแสดงผลแนวแกน X ที่อัตราทด 1.46 และจำนวนข้อต่อโซ่ 100 ข้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

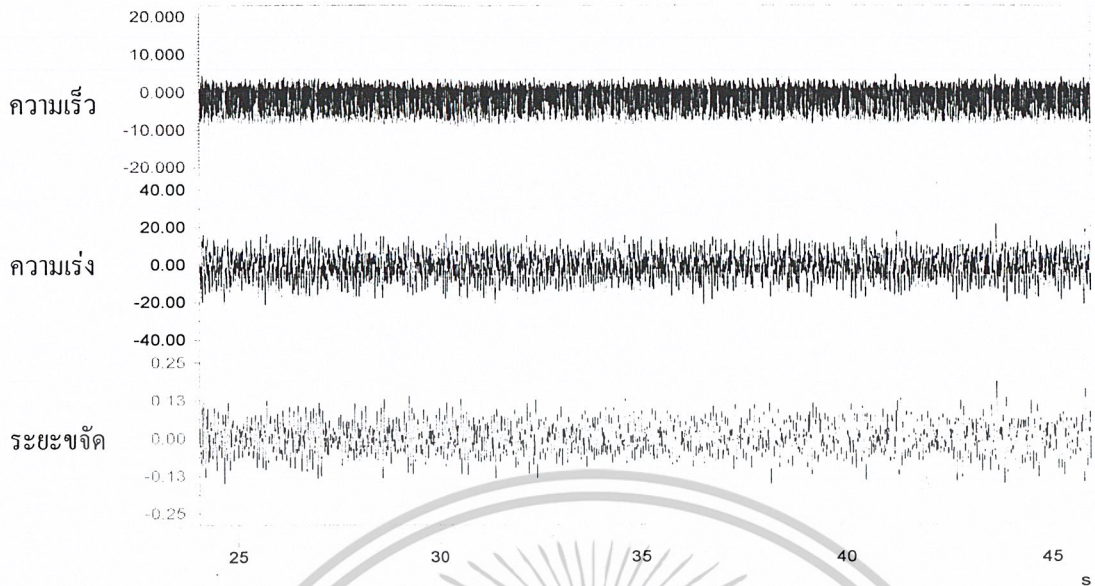


รูปที่ ข.13 กราฟแสดงผลแนวแกน  $Y$  ที่อัตราต 1.64 และจำนวนข้อต่อโซ่ 80 ข้อ

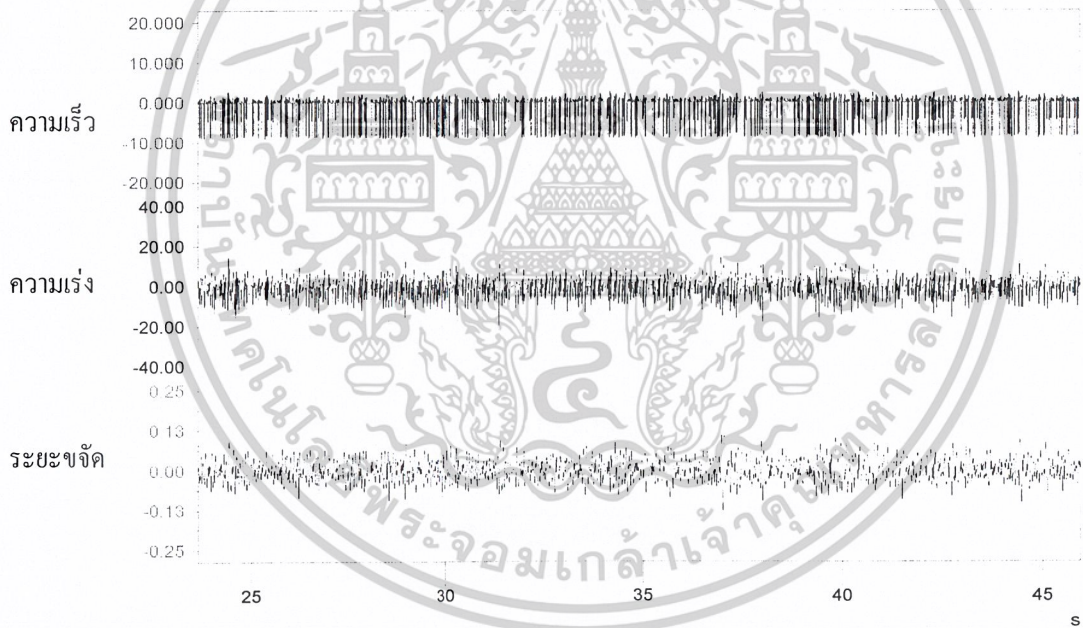


รูปที่ ข.14 กราฟแสดงผลแนวแกน  $X$  ที่อัตราต 1.64 และจำนวนข้อต่อโซ่ 80 ข้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

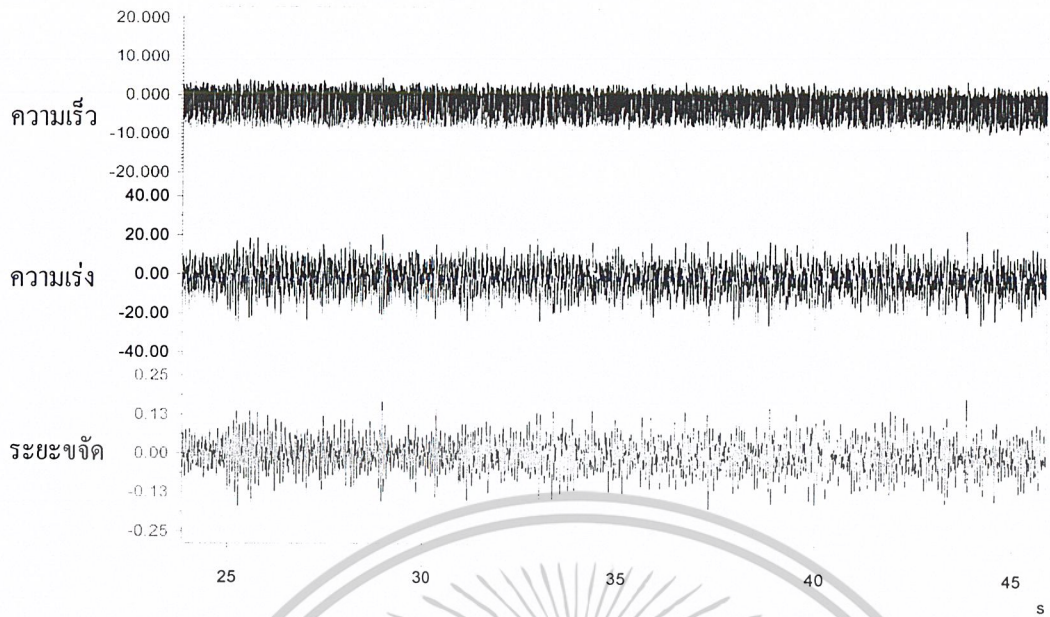


รูปที่ ข.15 กราฟแสดงผลแนวแกน Y ที่อัตราต 1.64 และจำนวนข้อต่อโซ่ 90 ข้อ

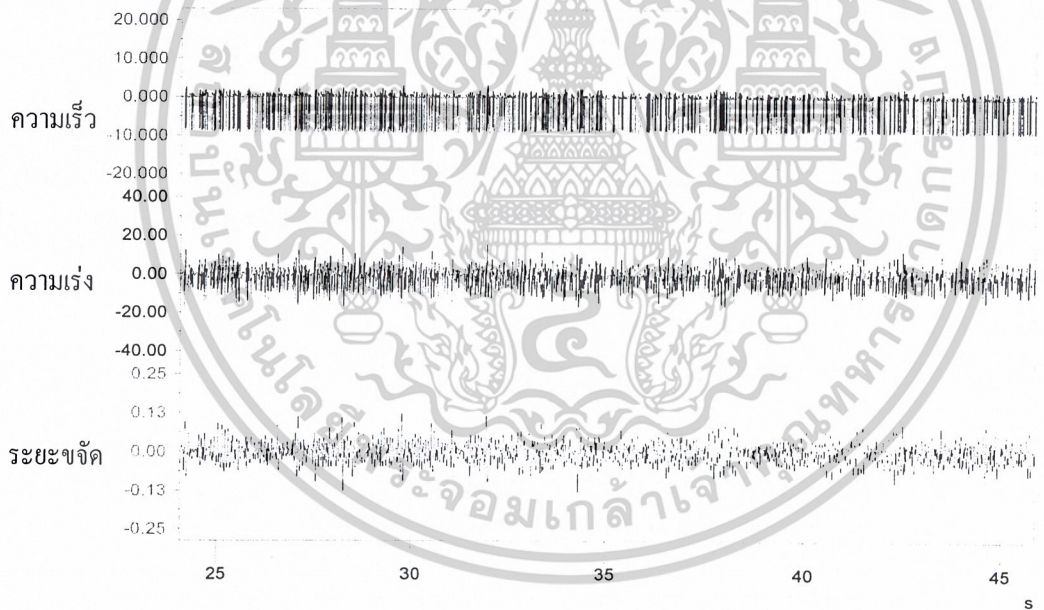


รูปที่ ข.16 กราฟแสดงผลแนวแกน X ที่อัตราต 1.64 และจำนวนข้อต่อโซ่ 90 ข้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

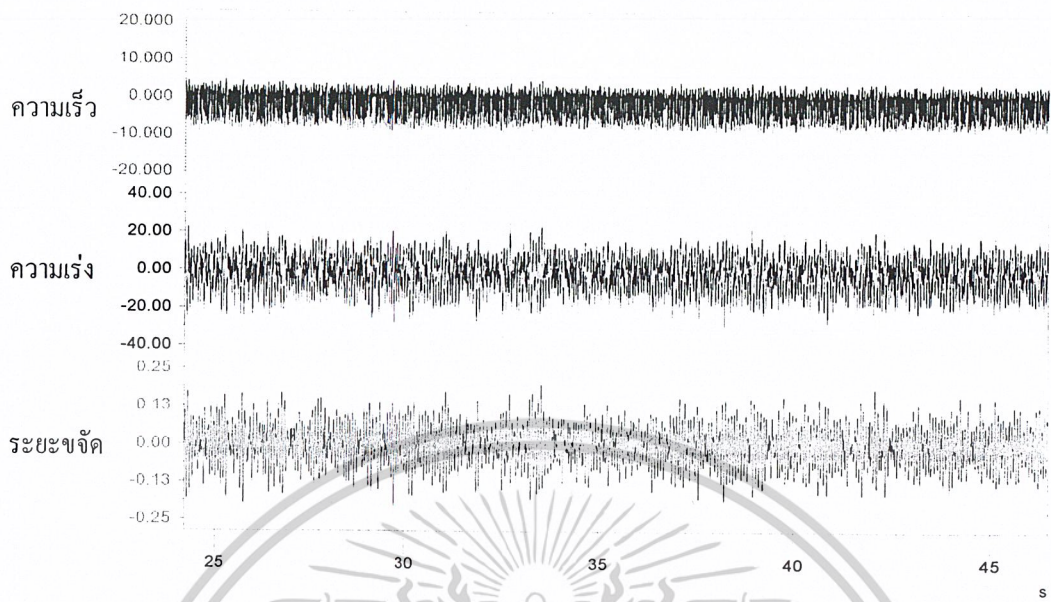


รูปที่ ข.17 กราฟแสดงผลแนวแกน Y ที่อัตราต 1.64 และจำนวนข้อต่อโซ่ 100 ข้อ

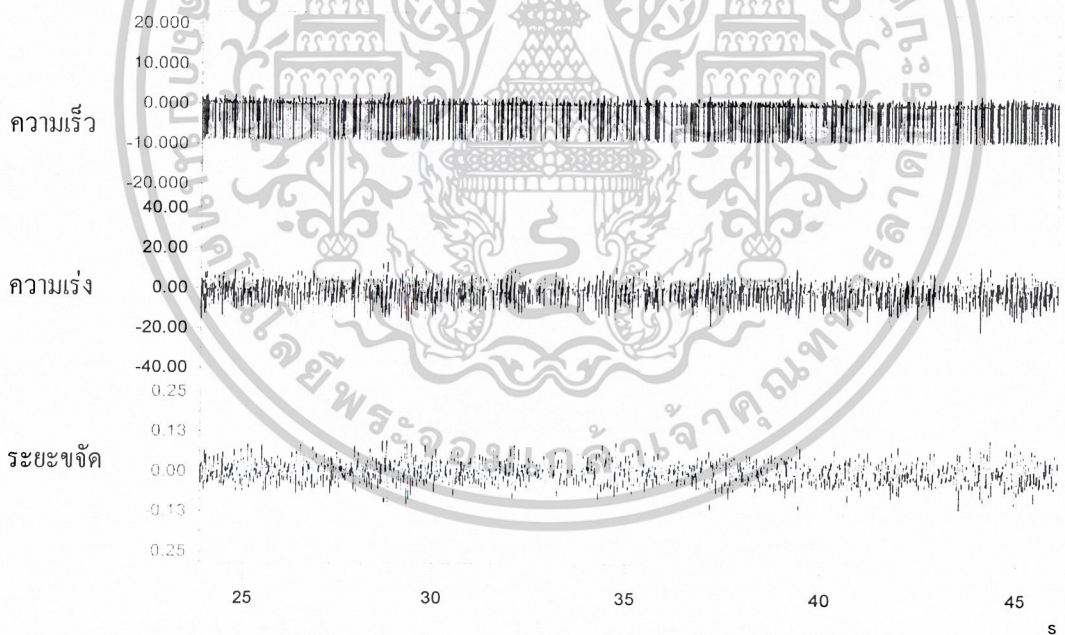


รูปที่ ข.18 กราฟแสดงผลแนวแกน X ที่อัตราต 1.64 และจำนวนข้อต่อโซ่ 100 ข้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

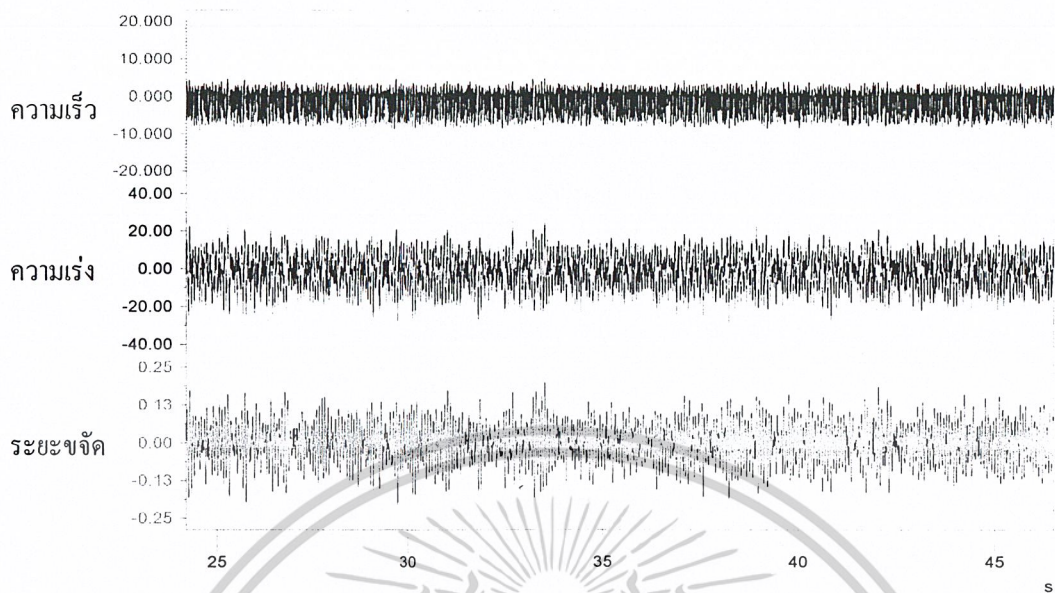


รูปที่ ข.19 กราฟแสดงผลแนวแกน  $Y$  ที่อัตราทวด 1.8 และจำนวนข้อต่อโซ่ 80 ข้อ

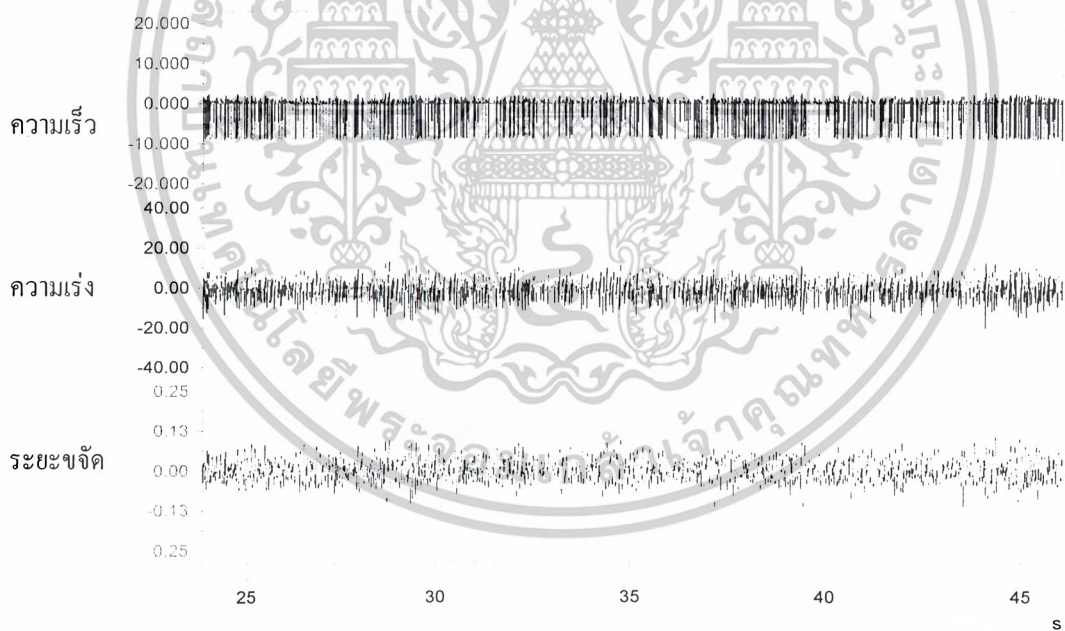


รูปที่ ข.20 กราฟแสดงผลแนวแกน  $X$  ที่อัตราทวด 1.8 และจำนวนข้อต่อโซ่ 80 ข้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

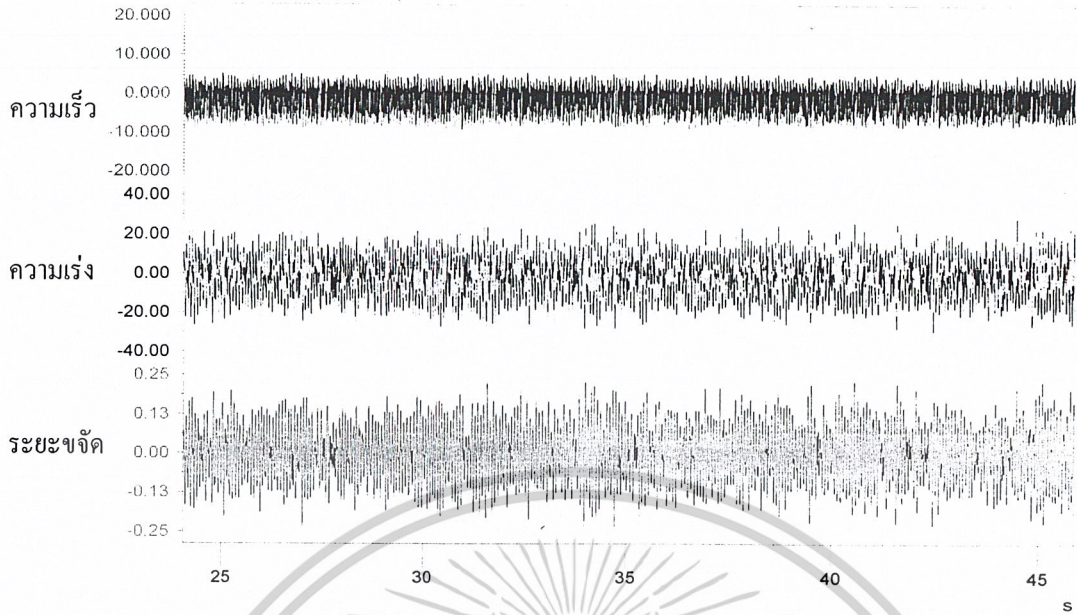


รูปที่ ข.19 กราฟแสดงผลแนวแกน  $Y$  ที่อัตราทด 1.8 และจำนวนข้อต่อโซ่ 80 ข้อ

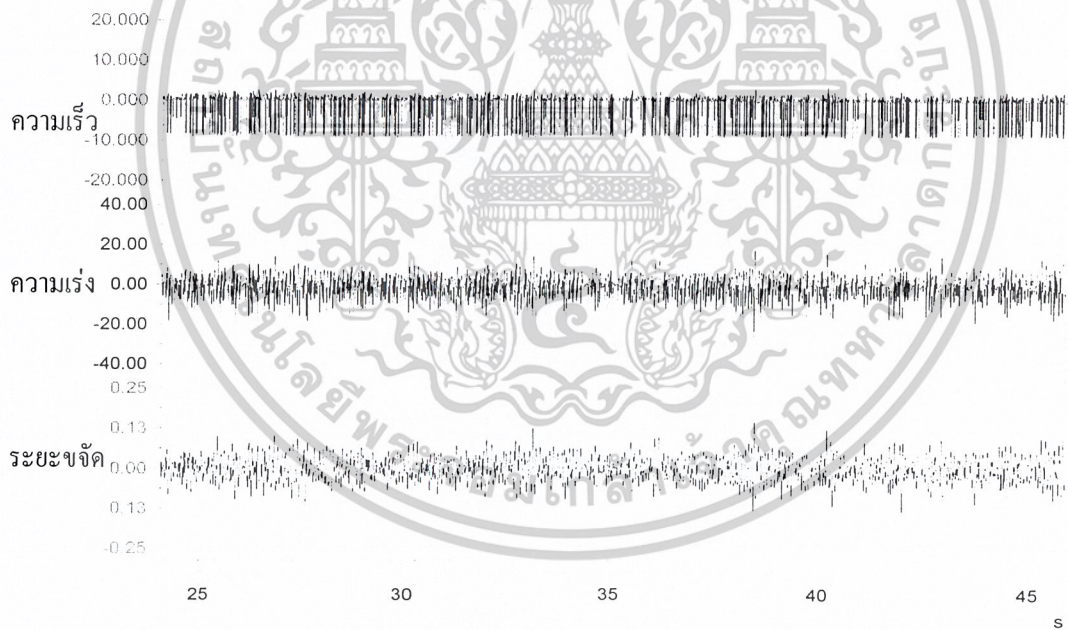


รูปที่ ข.20 กราฟแสดงผลแนวแกน  $X$  ที่อัตราทด 1.8 และจำนวนข้อต่อโซ่ 80 ข้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

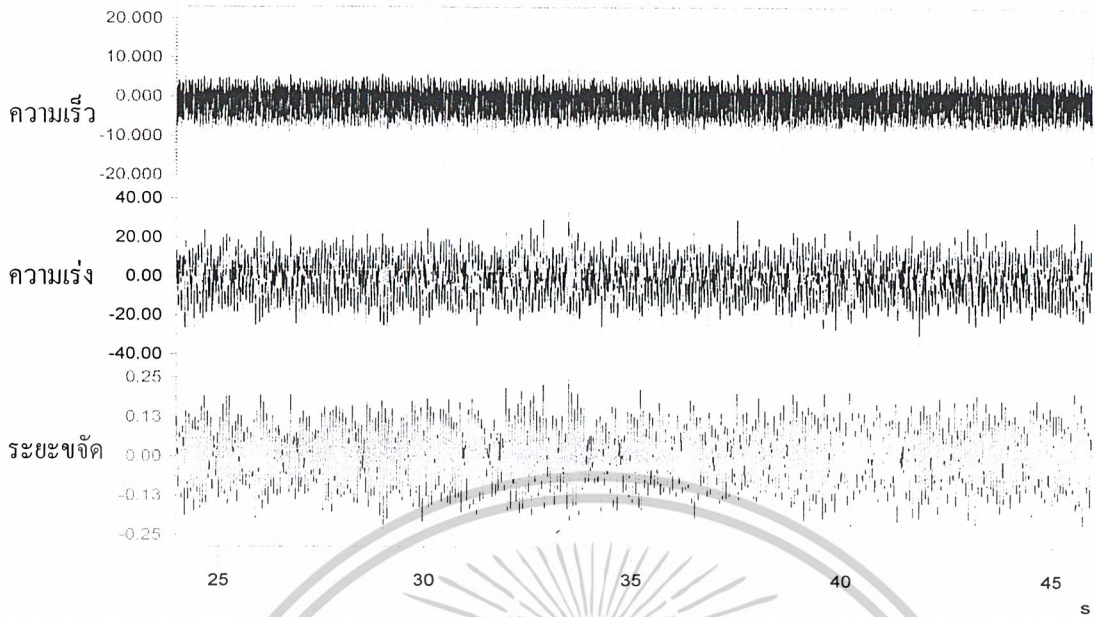


รูปที่ ข.21 กราฟแสดงผลแนวแกน  $Y$  ที่อัตราทด 1.8 และจำนวนข้อต่อโซ่ 90 ข้อ

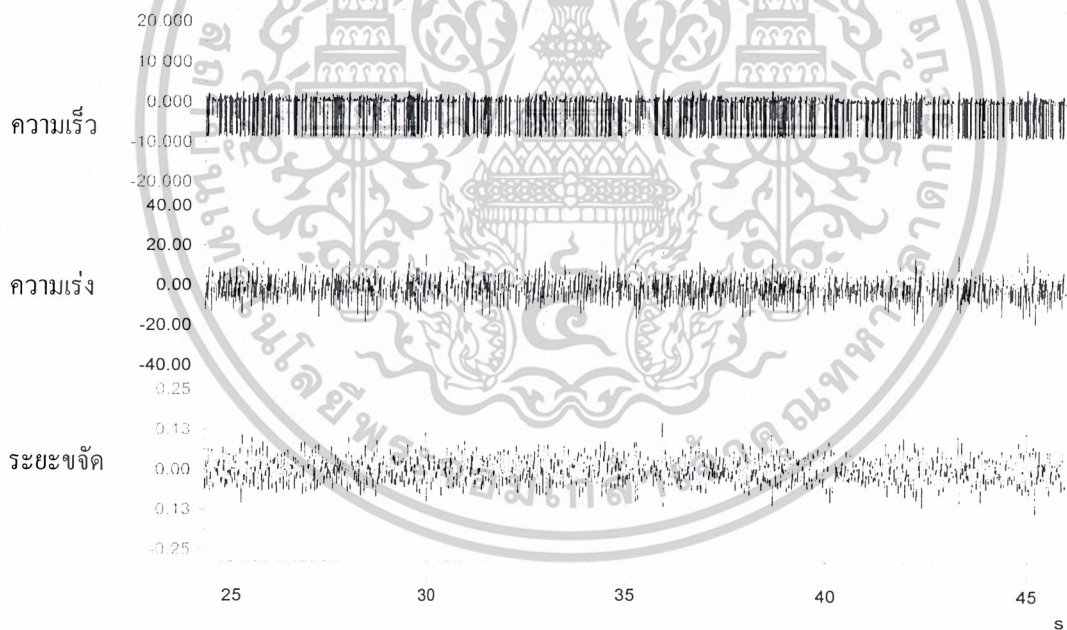


รูปที่ ข.22 กราฟแสดงผลแนวแกน  $X$  ที่อัตราทด 1.8 และจำนวนข้อต่อโซ่ 90 ข้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.23 กราฟแสดงผลแนวแกน Y ที่อัตราตด 1.8 และจำนวนข้อต่อโซ่ 100 ข้อ

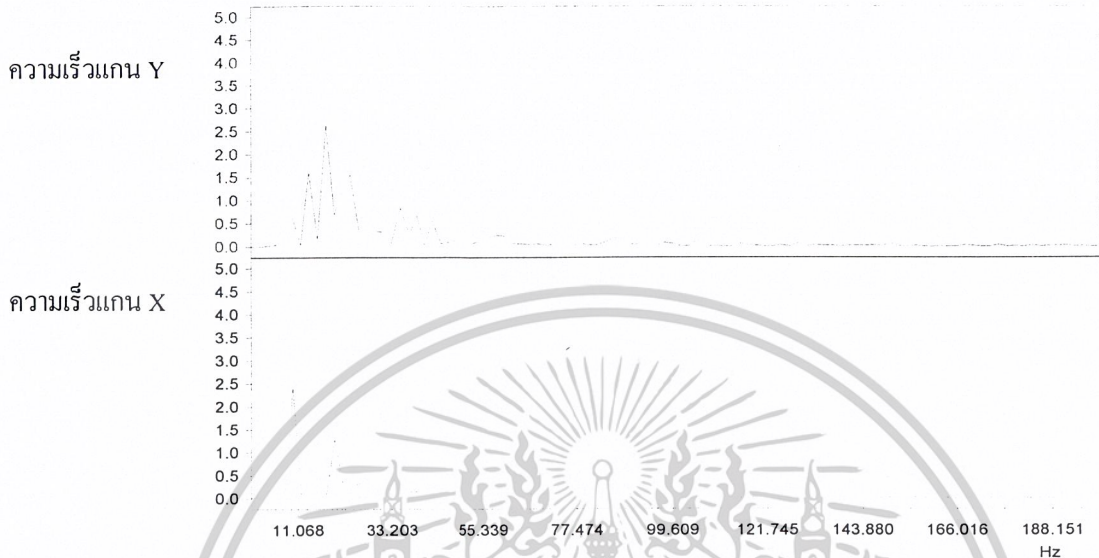


รูปที่ ข.24 กราฟแสดงผลแนวแกน X ที่อัตราตด 1.8 และจำนวนข้อต่อโซ่ 100 ข้อ

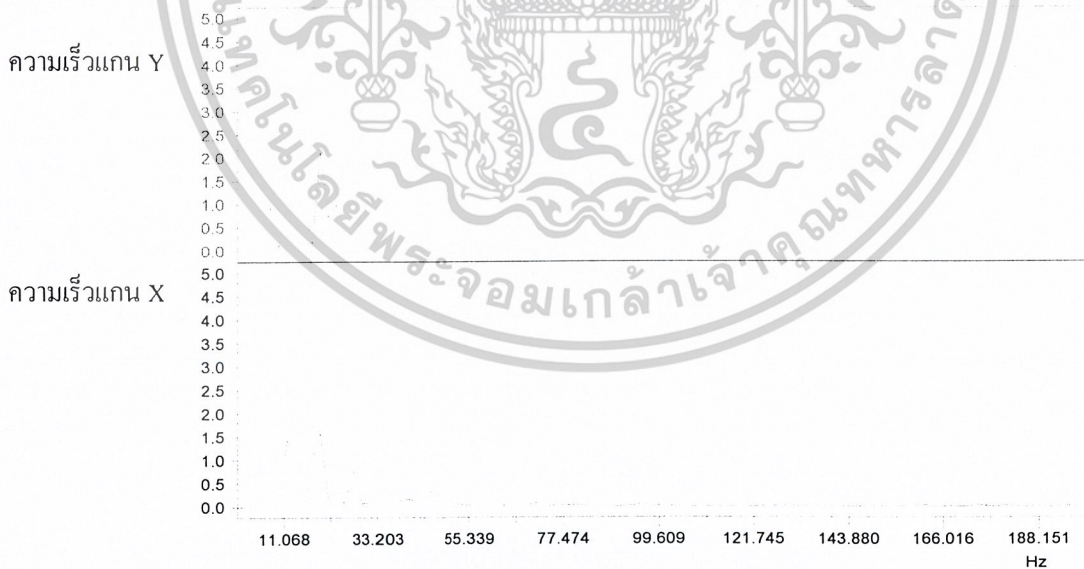
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

กราฟ Power Spectrum แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับความถี่

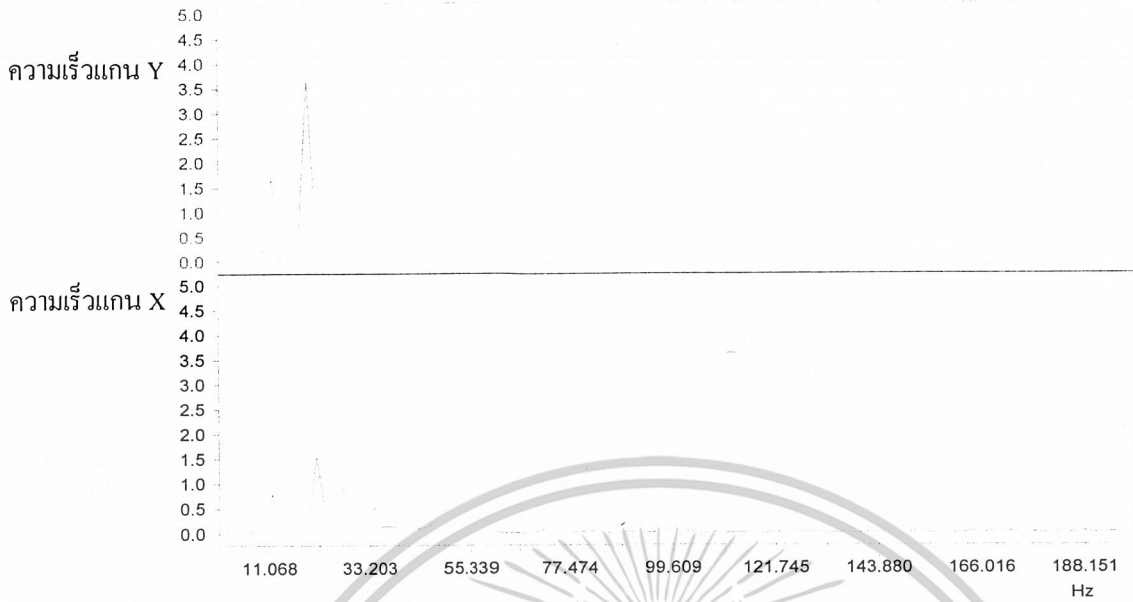


รูปที่ ค.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับความถี่ในแนวแกน Y และแกน X ที่อัตราทด 1.12 และจำนวนข้อต่อโซ่ 9 ข้อ



รูปที่ ค.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับความถี่ในแนวแกน Y และแกน X ที่อัตราทด 1.12 และจำนวนข้อต่อโซ่ 90 ข้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

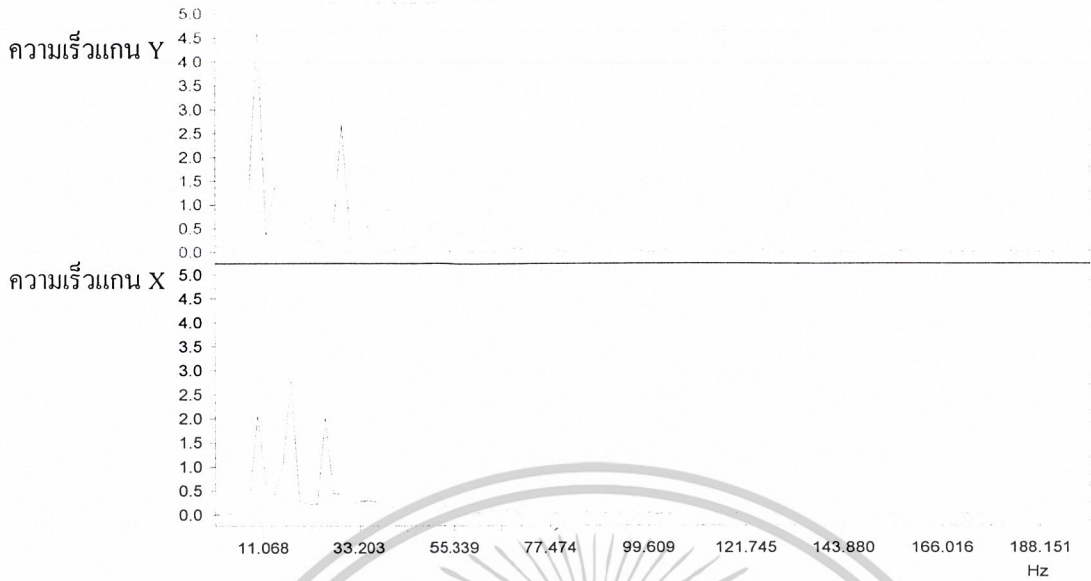


รูปที่ ๓.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับความถี่ในแนวแกน Y และแกน X ที่อัตราทด 1.12 และจำนวนข้อต่อโซ่ 100 ข้อ



รูปที่ ๓.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับความถี่ในแนวแกน Y และแกน X ที่อัตราทด 1.46 และจำนวนข้อต่อโซ่ 80 ข้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

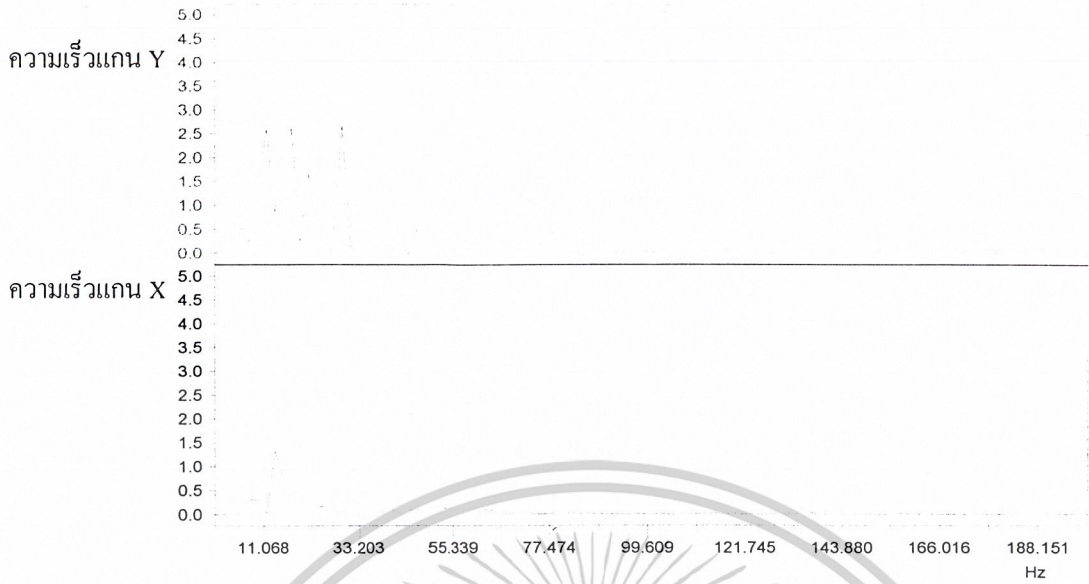


รูปที่ ค.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับความถี่ในแนวแกน Y และแกน X  
ที่อัตราทด 1.64 และจำนวนข้อต่อโซ่ 80 ข้อ



รูปที่ ค.8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับความถี่ในแนวแกน Y และแกน X  
ที่อัตราทด 1.64 และจำนวนข้อต่อโซ่ 90 ข้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

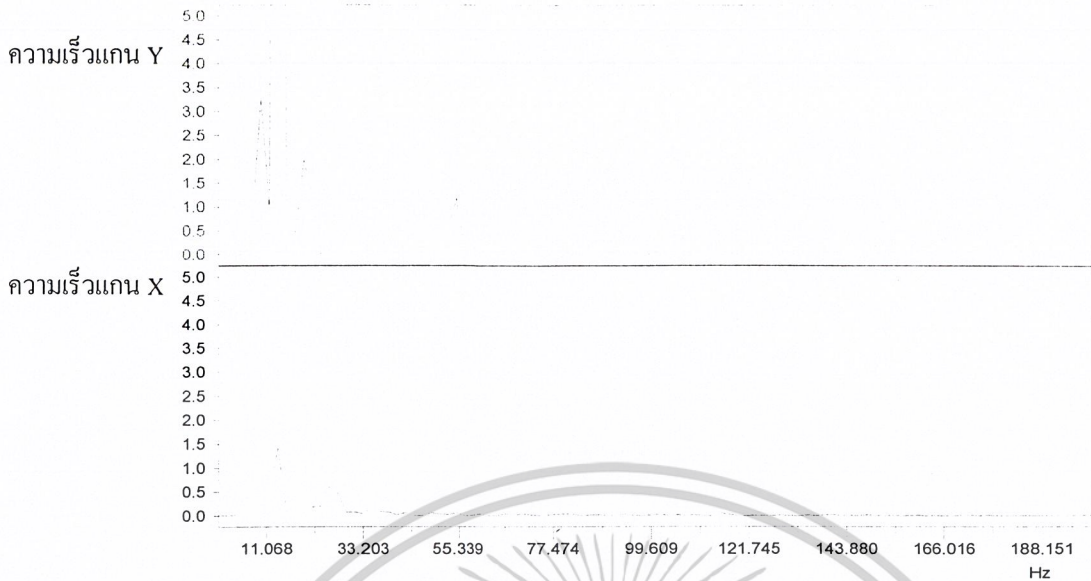


รูปที่ ค.9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับความถี่ในแนวแกน Y และแกน X  
ที่อัตราทด 1.64 และจำนวนข้อต่อโซ่ 100 ข้อ



รูปที่ ค.10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับความถี่ในแนวแกน Y และแกน X  
ที่อัตราทด 1.8 และจำนวนข้อต่อโซ่ 80 ข้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับความถี่ในแนวแกน Y และแกน X ที่อัตราทด 1.8 และจำนวนข้อต่อโซ่ 90 ข้อ

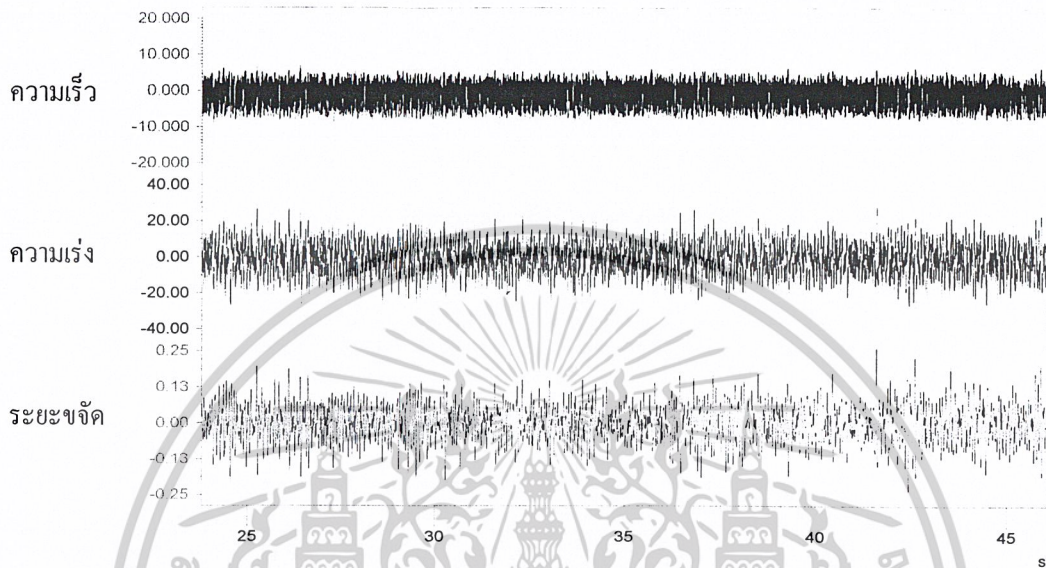


รูปที่ ก.12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับความถี่ในแนวแกน Y และแกน X ที่อัตราทด 1.8 และจำนวนข้อต่อโซ่ 100 ข้อ

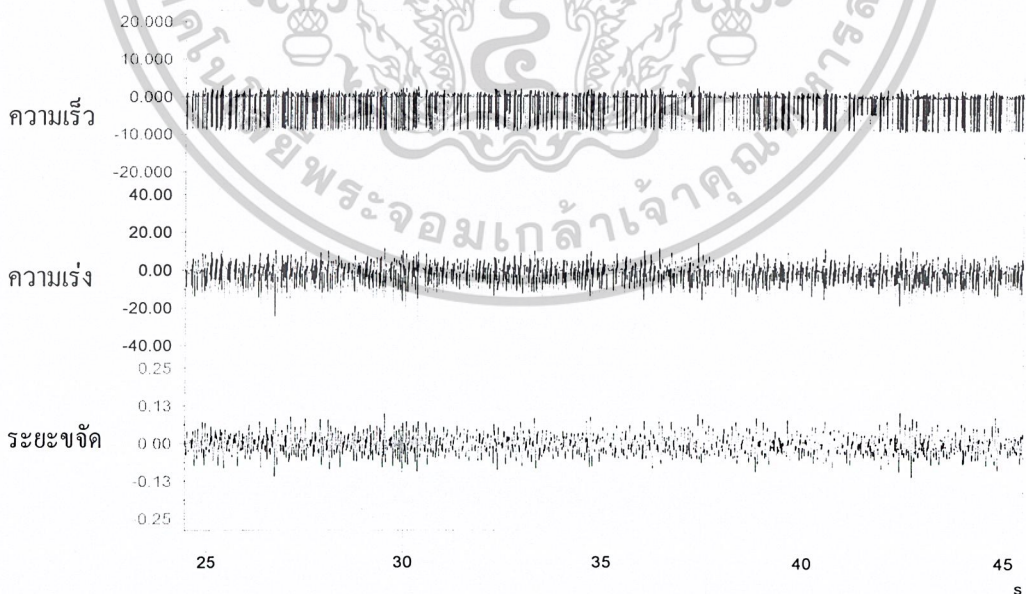
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ง

### กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะจัดกับระยะเยื้องศูนย์



รูปที่ ง.1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างระยะจัดในแนวแกน  $Y$  กับระยะเยื้องศูนย์



รูปที่ ง.2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างระยะจัดในแนวแกน  $Y$  ในขณะเยื้องศูนย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บรรณานุกรม

- [1] J.E SHIGLELY “Machanical Engineering Design” 3<sup>rd</sup> Ed, Mc Graw – Hill Inc.,1977
- [2] Danicl J. Inman “Engineering Vibration” 2<sup>rd</sup> Ed, Prentice Hall., 2000
- [3] ดร. วรวิทย์ อึ้งภากรณ์, “การออกแบบเครื่องจักรกลเล่ม 1”, บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน),พ.ศ.2545,หน้า 320 – 372
- [4] คู่มือการเลือกใช้โซ่,บริษัท TSUBAKI CO.LTD



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้