

บทที่ 5

ผลการทดลอง

อุปกรณ์การทดลอง

อุปกรณ์การทดลองที่สร้างขึ้นมีส่วนประกอบต่าง ๆ เป็นดังแสดงในภาคผนวก จ

วิธีการทดลอง

ในการทดสอบการทำงานของโต๊ะเคลื่อนที่ x, y, z สามารถแบ่งการทดสอบออกเป็น 2 ส่วนหลักดังนี้

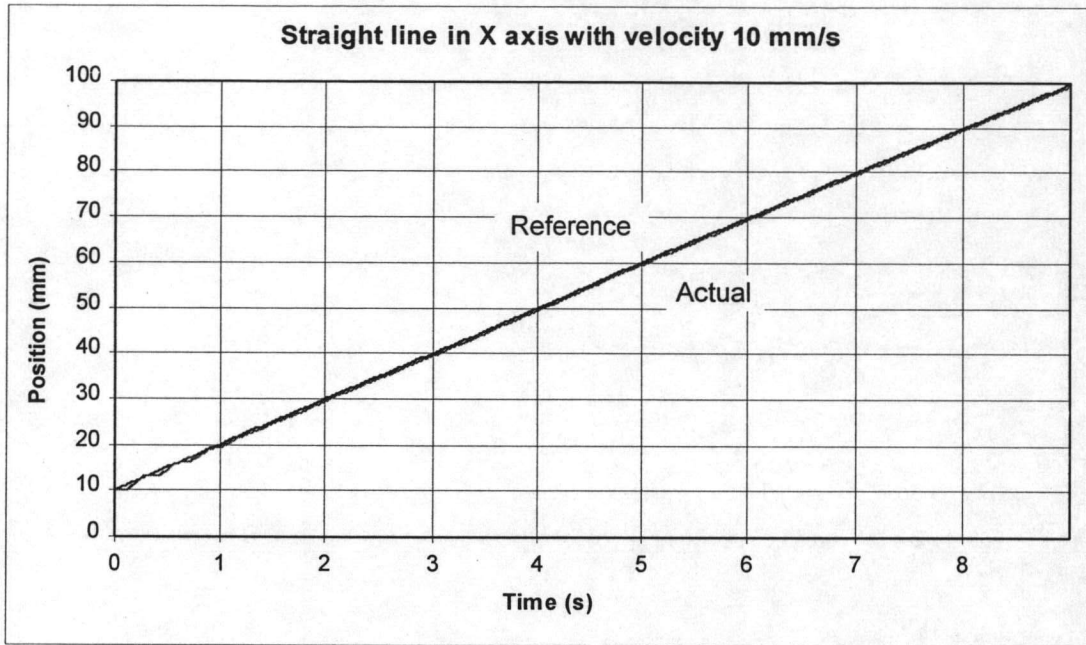
1. การทดสอบการเคลื่อนที่แบบพื้นฐาน

1.1 การเคลื่อนที่แบบเส้นตรงความเร็วคงที่

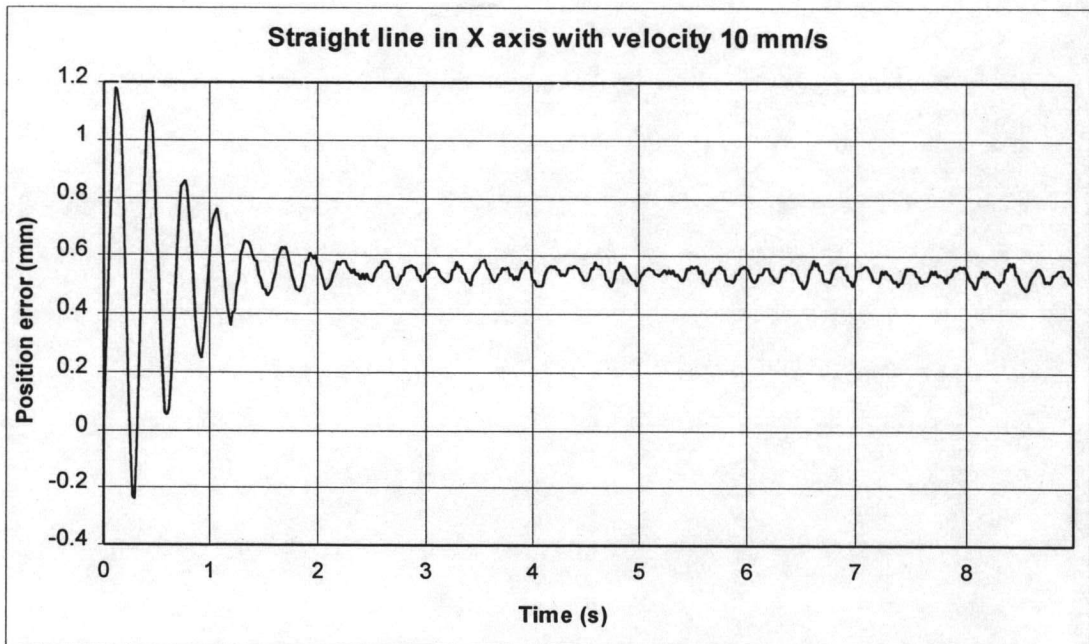
การทดสอบชุดนี้การเป็นการทดสอบการเคลื่อนที่ในแต่ละแกน x, y, z โดยทำการเคลื่อนที่ทีละแกนด้วยความเร็วคงที่ตลอดระยะทางการเคลื่อนที่ แล้วบันทึกตำแหน่งในการเคลื่อนที่เทียบกับเวลา เพื่อนำไปเปรียบเทียบกับตำแหน่งอ้างอิงที่กำหนดไว้ ผลการทดลองในแต่ละแกนเป็นดังที่แสดงต่อไปนี้

1.1.1 การเคลื่อนที่ตามแนวแกน x

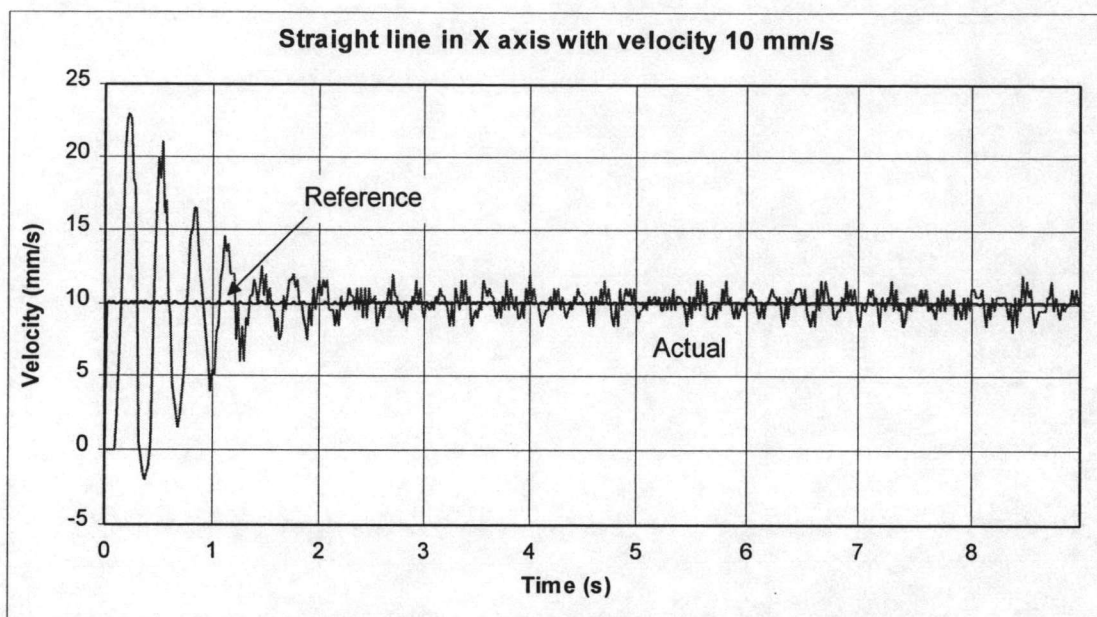
ในการทดลองนี้ได้ทำการเคลื่อนที่ในแนวแกน x เป็นระยะทาง 90 มิลลิเมตร ด้วยความเร็วคงที่ 10 มิลลิเมตรต่อวินาที จากนั้นทำการบันทึกตำแหน่งของการเคลื่อนที่ในแนวแกน x ที่เวลาต่าง ๆ ผลที่ได้เป็นดังแสดงในรูปที่ 5.1 นอกจากนี้ยังได้ทำการคำนวณค่าผิดพลาดของตำแหน่งที่บันทึก, ค่าความเร็วในการเคลื่อนที่ และ ค่าผิดพลาดของความเร็วที่เวลาต่าง ๆ ดังแสดงไว้ในรูปที่ 5.2, 5.3 และ 5.4 ตามลำดับ



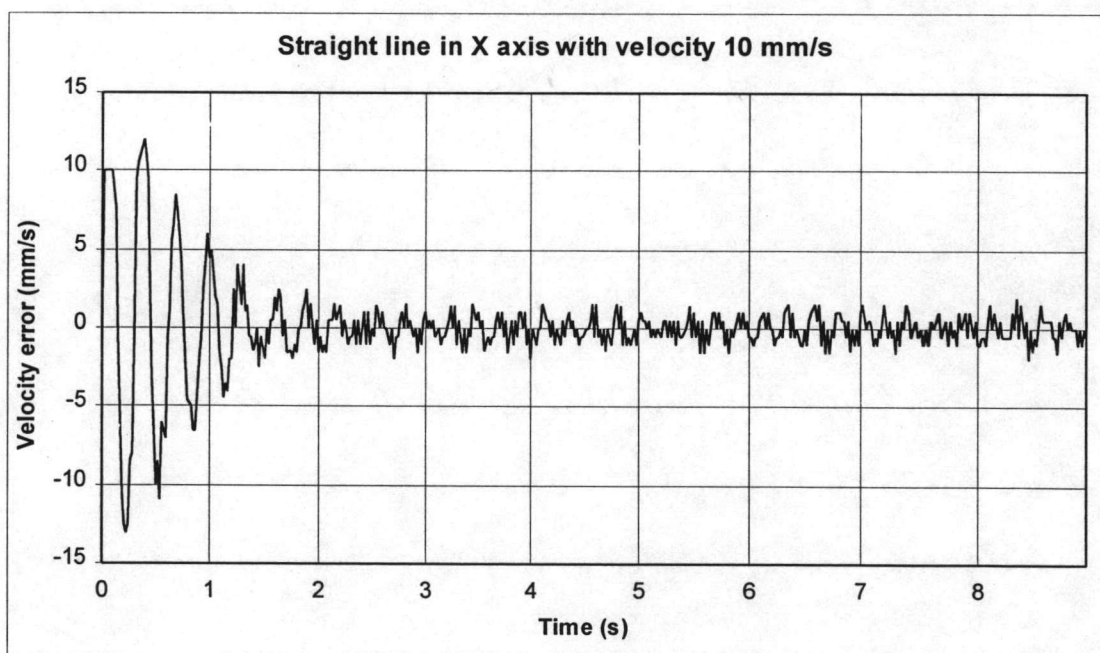
รูปที่ 5.1 ตำแหน่งทางเดินแบบเส้นตรงตามแกน x ความเร็ว 10 mm/s



รูปที่ 5.2 ค่าผิดพลาดของตำแหน่งทางเดินแบบเส้นตรงตามแกน x ความเร็ว 10 mm/s



รูปที่ 5.3 ความเร็วทางเดินแบบเส้นตรงตามแกน x ความเร็ว 10 mm/s



รูปที่ 5.4 ค่าผิดพลาดของความเร็วทางเดินแบบเส้นตรงตามแกน x ความเร็ว 10 mm/s

จากรูปที่ 5.1 ระยะทางที่เคลื่อนที่ของแกน x มีค่าใกล้เคียงกับค่าอ้างอิงที่ป้อนให้จนเกือบจะเป็นเส้นตรงเดียวกัน จะเห็นว่าช่วงเริ่มต้นของการเคลื่อนที่ที่มีความผิดพลาดเล็กน้อย และ

เริ่มเข้าสู่ค่าอ้างอิงเมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 2 วินาที และแสดงให้เห็นได้ชัดเจนในรูปที่ 5.2 ซึ่งแสดงค่าผิดพลาดของตำแหน่งที่เคลื่อนที่ระหว่างค่าอ้างอิงกับตำแหน่งจริง จะเห็นว่าช่วงเริ่มต้นมีค่าผิดพลาดสูงถึงประมาณ 1.2 มิลลิเมตร และลดลงเมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 2 วินาที โดยค่าผิดพลาดจะอยู่ที่ประมาณ 0.53 มิลลิเมตร จนถึงจุดสุดท้ายของการเคลื่อนที่

พิจารณากราฟความเร็วในรูปที่ 5.3 จะสังเกตได้ว่าความเร็วจะแกว่งในช่วงเริ่มต้นเช่นเดียวกันและเข้าสู่ค่าอ้างอิงคือ 10 มิลลิเมตรต่อวินาที เมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 2 วินาที จากนั้นค่าผิดพลาดของความเร็วจะมีค่าอยู่ในช่วง ± 1.45 มิลลิเมตรต่อวินาที และเมื่อทดสอบการเคลื่อนที่ตามแกน x ด้วยระยะทาง 90 มิลลิเมตรเท่าเดิม แต่เพิ่มความเร็วในการเคลื่อนที่จาก 3 มิลลิเมตรต่อวินาที จนถึงค่าสูงสุดที่สามารถเคลื่อนที่ได้โดยไม่เกิดการสั่น จะได้ค่าผิดพลาดของตำแหน่งและความเร็วดังแสดงในตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 ค่าผิดพลาดของตำแหน่งและความเร็วของแกน x

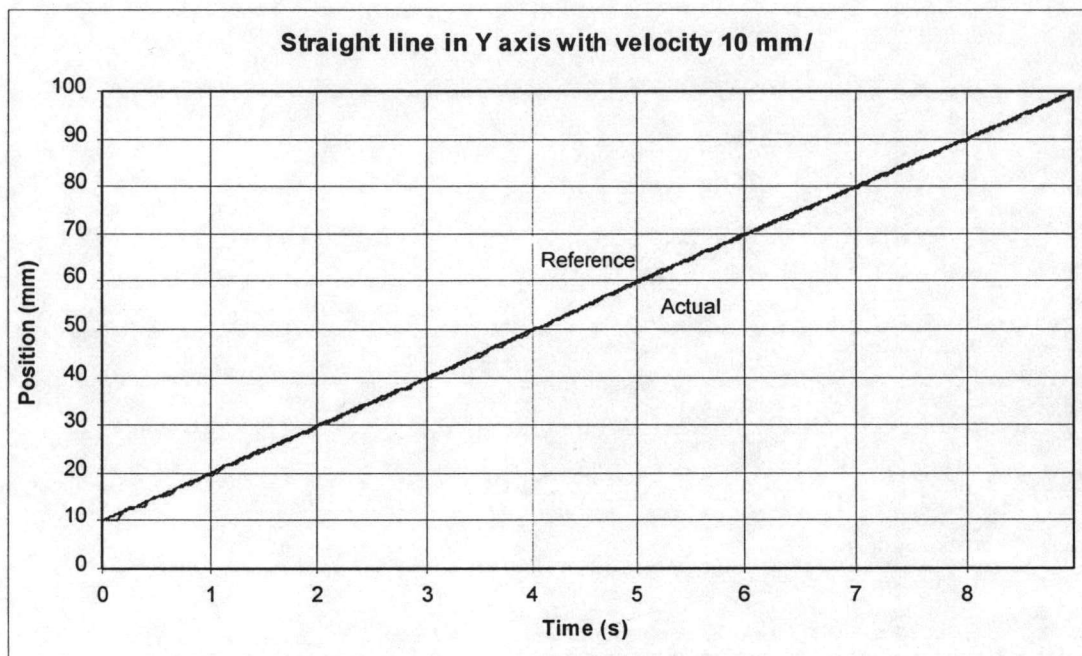
ความเร็ว mm/s	ค่าผิดพลาดของตำแหน่ง			ค่าผิดพลาดความเร็ว	
	เฉลี่ย mm	จุดสุดท้าย mm	ค่าสูงสุด mm	เฉลี่ย mm/s	ค่าสูงสุด mm/s
3	0.3321	0.1800	0.5275	0.9258	4.3125
5	0.3880	0.1978	0.7100	1.0281	6.9444
10	0.5320	0.1040	1.0980	1.4531	12.9000
12	0.5635	0.1040	1.2140	1.8733	14.6000

จากตารางที่ 5.1 จะเห็นว่าเมื่อความเร็วเพิ่มขึ้น ค่าผิดพลาดโดยเฉลี่ยและค่าผิดพลาดสูงสุดของตำแหน่งและความเร็วในการเคลื่อนที่จะมีค่ามากขึ้น แต่ค่าผิดพลาดตำแหน่งสุดท้ายจะมีค่าลดลงเนื่องจากแรงเฉื่อยมีผลทำให้มีการเคลื่อนที่ต่อไปจากตำแหน่งสุดท้าย เมื่อความเร็วเพิ่มขึ้นแรงเฉื่อยก็จะมีค่ามากขึ้นทำให้ชุดเคลื่อนที่แกน x มีค่าเข้าใกล้ตำแหน่งอ้างอิงสุดท้ายมากขึ้น

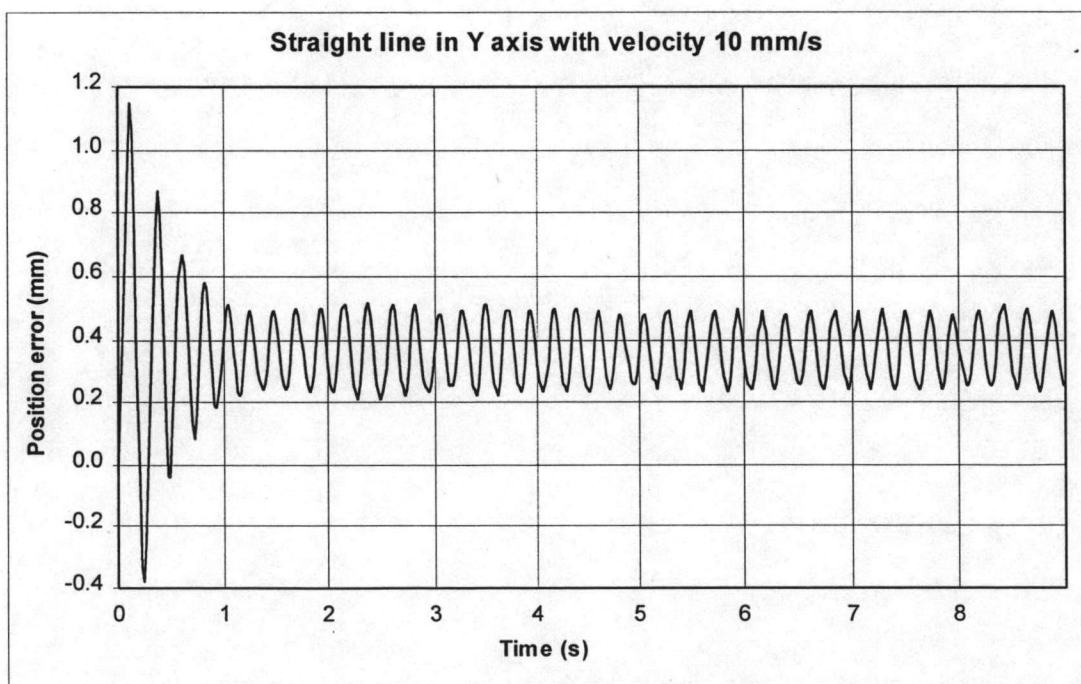
1.1.2 การเคลื่อนที่ตามแนวแกน y

ในการทดลองนี้ได้ทำการเคลื่อนที่ในแนวแกน y เป็นระยะทาง 90 มิลลิเมตร ด้วยความเร็วคงที่ 10 มิลลิเมตรต่อวินาที จากนั้นทำการบันทึกตำแหน่งของการเคลื่อนที่ในแนวแกน y ที่เวลาต่าง ๆ ผลที่ได้เป็นดังแสดงในรูปที่ 5.5 นอกจากนี้ยังได้ทำการคำนวณ

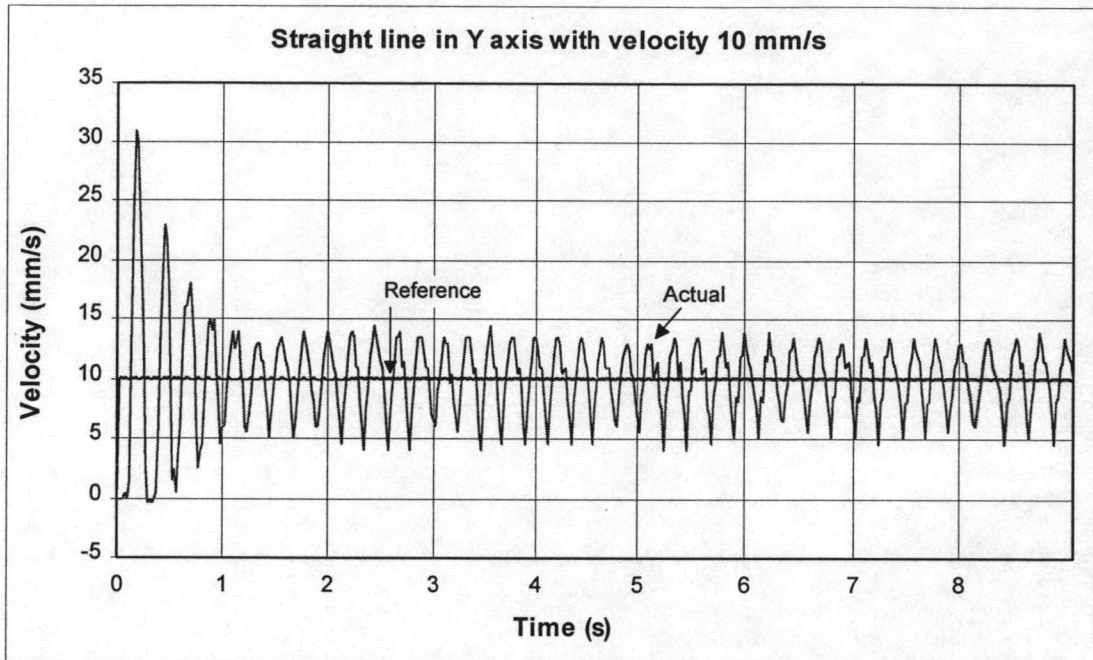
ค่าผิดพลาดของตำแหน่งที่บันทึก, ค่าความเร็วในการเคลื่อนที่ และ ค่าผิดพลาดของความเร็วที่เวลาต่าง ๆ ดังแสดงไว้ในรูปที่ 5.6, 5.7 และ 5.8 ตามลำดับ



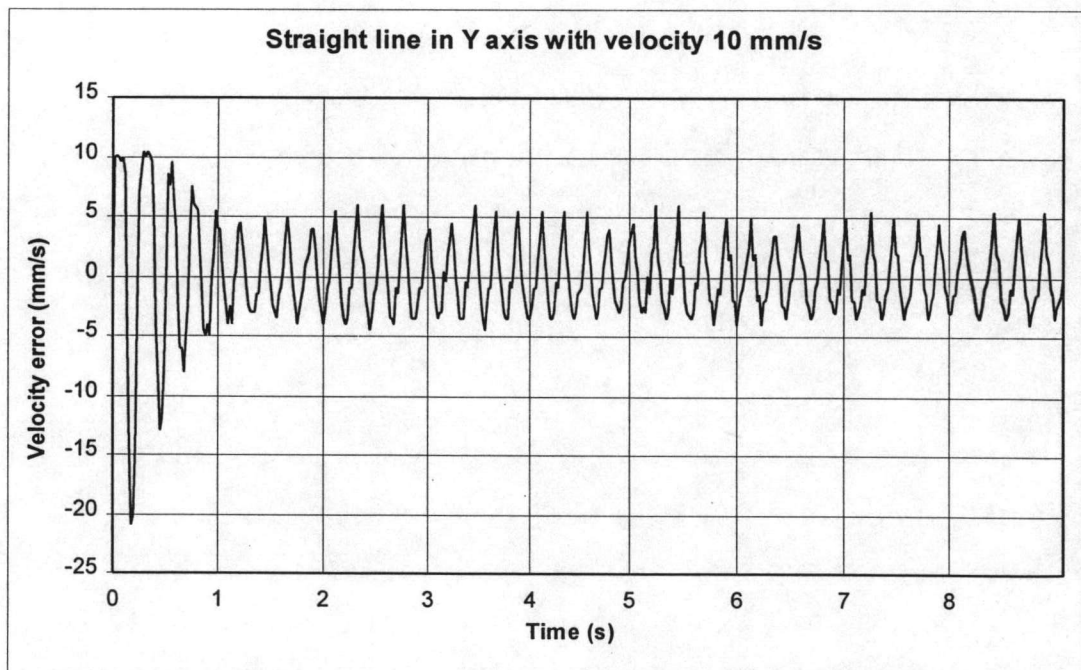
รูปที่ 5.5 ตำแหน่งทางเดินแบบเส้นตรงตามแกน y ความเร็ว 10 mm/s



รูปที่ 5.6 ค่าผิดพลาดของตำแหน่งทางเดินแบบเส้นตรงตามแกน y ความเร็ว 10 mm/s



รูปที่ 5.7 ความเร็วตามทางเดินแบบเส้นตรงแกน y ความเร็ว 10 mm/s



รูปที่ 5.8 ค่าผิดพลาดของความเร็วตามทางเดินแบบเส้นตรงแกน y ความเร็ว 10 mm/s

พิจารณารูปที่ 5.5 ซึ่งแสดงตำแหน่งตามทางเดินแบบเส้นตรงตามแกน y ที่เวลาต่าง ๆ ผลที่ได้เป็นไปในทำนองเดียวกับการเคลื่อนที่ตามแกน x คือตำแหน่งที่ได้มีค่าใกล้เคียงกับค่าอ้างอิง แต่ในช่วงเริ่มต้นมีความคลาดเคลื่อนไป โดยค่าของตำแหน่งที่ได้จะเข้าสู่ค่าอ้างอิงเมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 1 วินาที ดังแสดงให้เห็นในรูปที่ 5.6 ซึ่งค่าผิดพลาดของตำแหน่งมีค่าสูงในช่วงแรกและเริ่มเข้าสู่ค่าคงที่ที่ระยะประมาณ 0.4 มิลลิเมตร

รูปที่ 5.7 และ 5.8 แสดงความเร็วในการเคลื่อนที่และค่าผิดพลาดของความเร็ว จะเห็นว่า ค่าความเร็วมีการแกว่งมากในช่วงเริ่มต้น และลดลงอยู่ในช่วง ± 5 มิลลิเมตรต่อวินาที ในการทดลองได้เพิ่มความเร็วในการเคลื่อนที่ของแกน y จาก 3 มิลลิเมตรต่อวินาทีไปจนถึง 40 มิลลิเมตรต่อวินาที โดยไม่เกิดการสั่น เนื่องจากชุดเคลื่อนที่ของแกน y มีขนาดเล็กกว่าชุดเคลื่อนที่ของแกน x ค่าผิดพลาดของตำแหน่งและความเร็วในการเคลื่อนที่ของแกน y ที่ความเร็วต่าง ๆ เป็นดังแสดงไว้ในตารางที่ 5.2

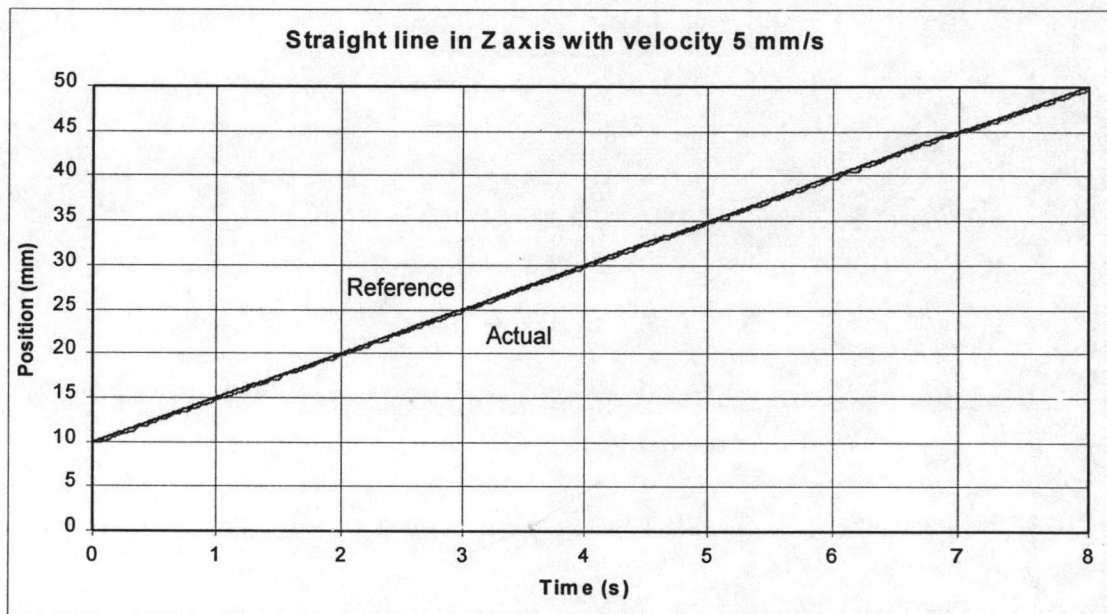
ตารางที่ 5.2 ค่าผิดพลาดของตำแหน่งและความเร็วของแกน y

ความเร็ว mm/s	ค่าผิดพลาดของตำแหน่ง			ค่าผิดพลาดความเร็ว	
	เฉลี่ย mm	จุดสุดท้าย mm	ค่าสูงสุด mm	เฉลี่ย mm/s	ค่าสูงสุด mm/s
3	0.27	0.12	0.82	0.91	13.28
5	0.34	0.18	0.88	0.94	12.50
10	0.47	0.10	1.12	1.17	15.86
20	0.75	-0.04	1.88	2.90	27.67
30	1.05	-0.06	2.46	4.20	30.10
40	1.37	-0.27	3.09	5.51	39.95

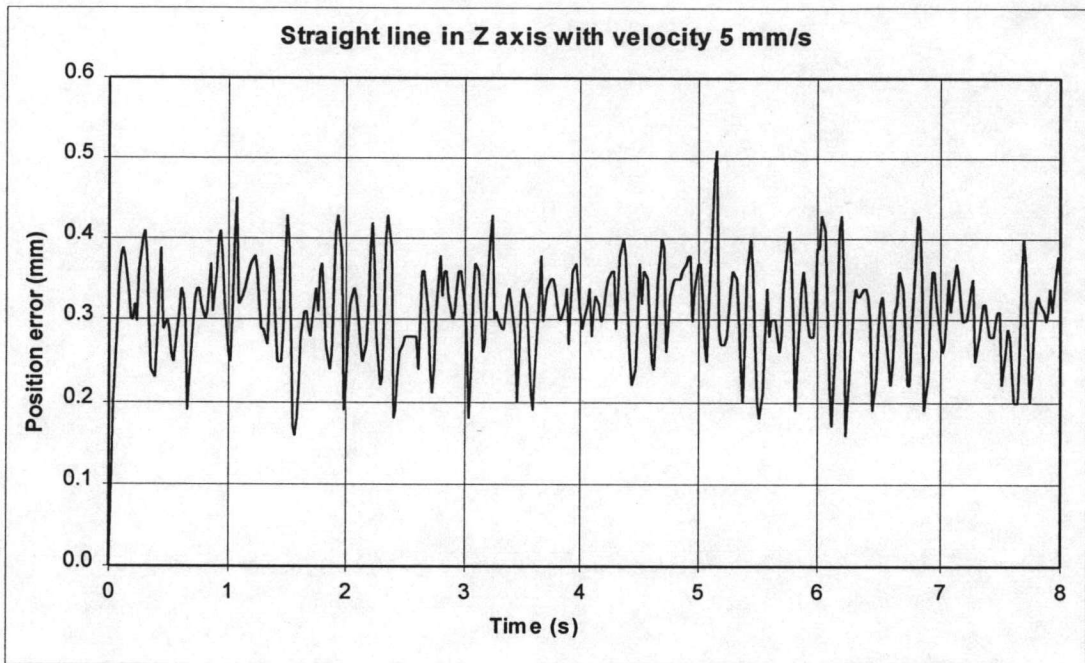
จากตาราง 5.2 จะเห็นว่า เมื่อทำการทดสอบที่ความเร็วสูงขึ้น ค่าผิดพลาดโดยเฉลี่ยของตำแหน่งและความเร็ว และ ค่าผิดพลาดสูงสุดของตำแหน่งและความเร็วมีค่าเพิ่มขึ้น แสดงว่าความเร็วในการเคลื่อนที่มีผลกับค่าผิดพลาดที่เกิดขึ้นของการเคลื่อนที่ในแกน y ซึ่งรูปที่ 5.5 - 5.8 แสดงให้เห็นว่าค่าผิดพลาดสูงสุดของการเคลื่อนที่จะอยู่ในช่วงแรก

1.1.3 การเคลื่อนที่ตามแนวแกน z

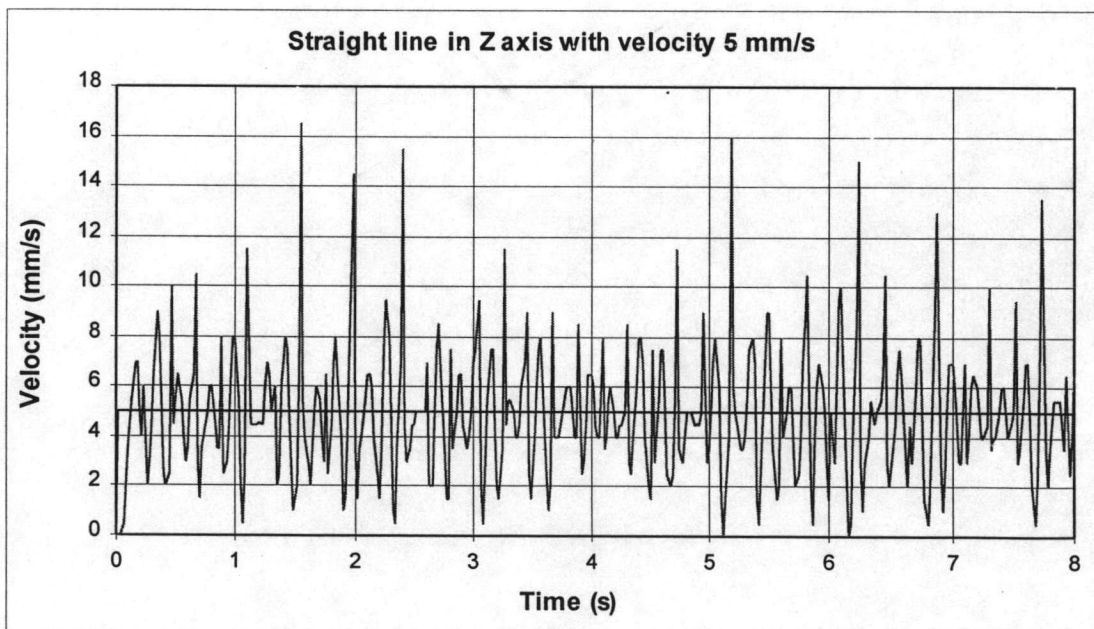
ในการทดลองนี้ได้ทำการเคลื่อนที่ในแนวแกน z เป็นระยะทาง 40 มิลลิเมตร ด้วยความเร็วคงที่ 5 มิลลิเมตรต่อวินาที จากนั้นทำการบันทึกตำแหน่งของการเคลื่อนที่ในแนวแกน y ที่เวลาต่าง ๆ ผลที่ได้เป็นดังแสดงในรูปที่ 5.9 นอกจากนี้ยังได้ทำการคำนวณค่าผิดพลาดของตำแหน่งที่บันทึก, ค่าความเร็วในการเคลื่อนที่ และ ค่าผิดพลาดของความเร็วที่เวลาต่าง ๆ ดังแสดงไว้ในรูปที่ 5.10, 5.11 และ 5.12 ตามลำดับ



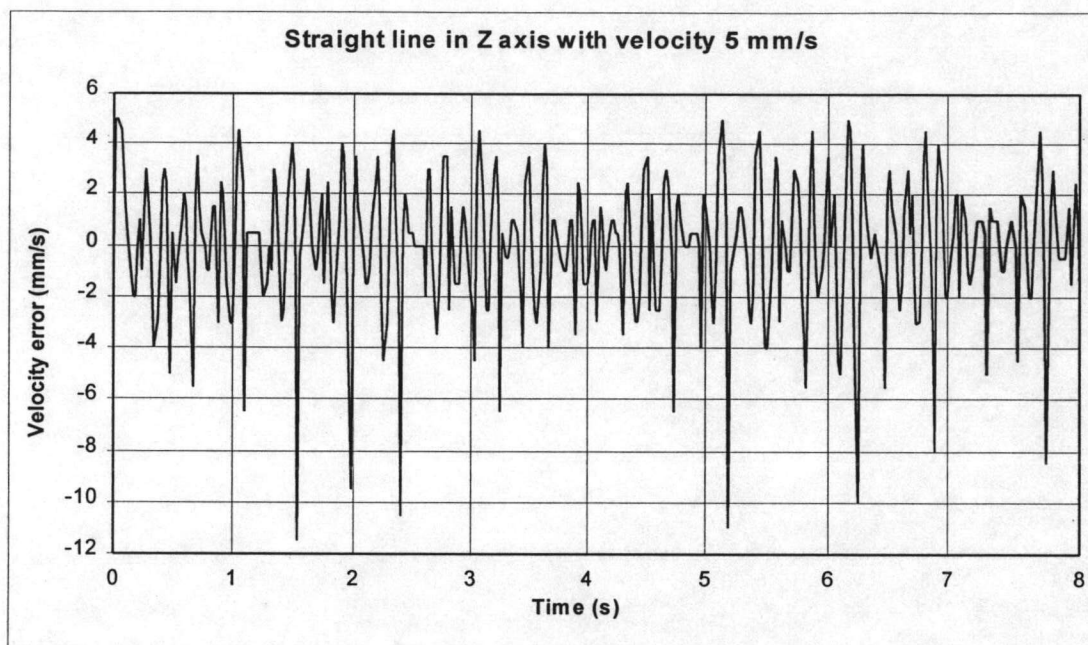
รูปที่ 5.9 ตำแหน่งทางเดินแบบเส้นตรงตามแกน z ความเร็ว 5 mm/s



รูปที่ 5.10 ค่าผิดพลาดของตำแหน่งทางเดินแบบเส้นตรงตามแกน z ความเร็ว 5 mm/s



รูปที่ 5.11 ความเร็วตามทางเดินแบบเส้นตรงแกน z ความเร็ว 5 mm/s



รูปที่ 5.12 ค่าผิดพลาดของความเร็วตามทางเดินแบบเส้นตรงแกน z ความเร็ว 5 mm/s

จากรูปที่ 5.9 ซึ่งแสดงตำแหน่งของการเคลื่อนที่ในแนวแกน z จะเห็นว่าเส้นกราฟของค่าอ้างอิงและตำแหน่งที่เคลื่อนที่จริงจะใกล้เคียงกัน มีความคลาดเคลื่อนคงที่ตลอดระยะทางที่เคลื่อนที่ไป ดังแสดงในรูปที่ 5.10 ค่าผิดพลาดจะอยู่ที่ประมาณ 0.3 มิลลิเมตร ตั้งแต่ช่วงแรกของการเคลื่อนที่ไปจนถึงจุดสุดท้ายของการเคลื่อนที่ แต่จะมีการแกว่งตัวอยู่ในช่วง ± 0.1 มิลลิเมตร เมื่อพิจารณารูปที่ 5.11 ซึ่งแสดงความเร็วของการเคลื่อนที่เทียบกับเวลา จะเห็นว่ามีค่าผิดพลาดค่อนข้างสูง โดยค่าผิดพลาดสูงสุดมีค่าประมาณ 11.09 มิลลิเมตรต่อวินาที และมีการแกว่งตัวของความเร็วในการเคลื่อนที่มาก ดังแสดงในรูปที่ 5.12 ซึ่งแสดงค่าผิดพลาดของความเร็วในการเคลื่อนที่ที่เวลาต่าง ๆ ค่าผิดพลาดของตำแหน่งและความเร็วในการเคลื่อนที่ของแกน z ที่ความเร็วต่าง ๆ แสดงไว้ในตารางที่ 5.3 ซึ่งผลที่ได้จะเป็นไปในทำนองเดียวกับตารางที่ 5.2 และสามารถอธิบายได้ในลักษณะเดียวกัน

ตารางที่ 5.3 ค่าผิดพลาดของตำแหน่งและความเร็วของแกน z

ความเร็ว mm/s	ค่าผิดพลาดของตำแหน่ง			ค่าผิดพลาดความเร็ว	
	เฉลี่ย mm	จุดสุดท้าย mm	ค่าสูงสุด mm	เฉลี่ย mm/s	ค่าสูงสุด mm/s
3	0.37	0.24	0.53	1.50	-8.62
5	0.38	0.13	0.57	2.04	-11.09
10	0.42	-0.07	0.68	4.81	-23.00
15	0.59	-0.36	0.95	5.22	-24.42

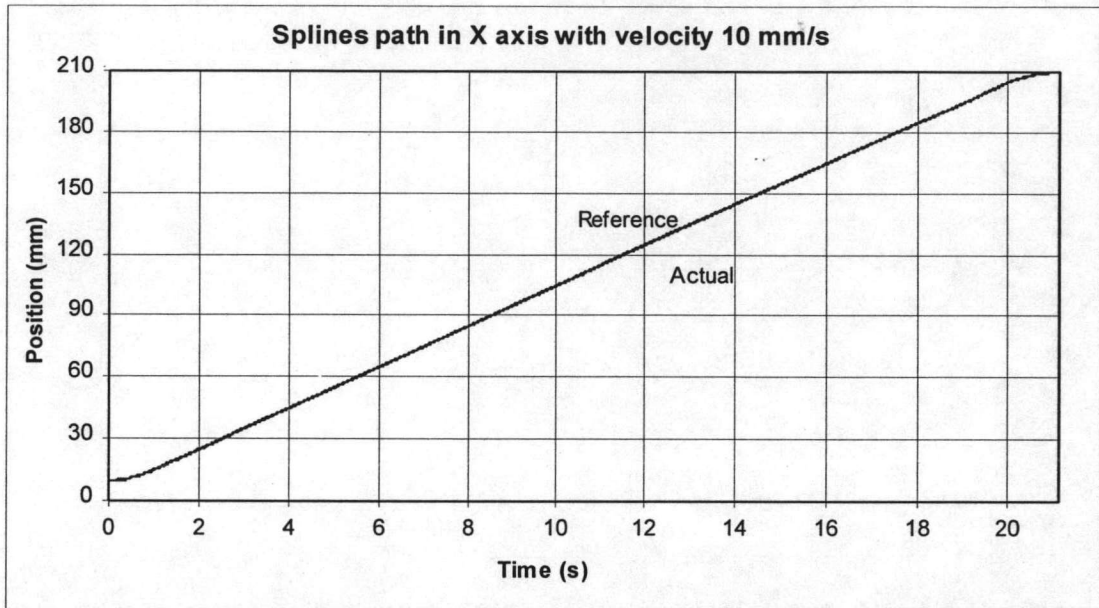
1.2 การเคลื่อนที่แนวเส้นตรงแบบสไปไลน์ (spline)

การเคลื่อนที่แบบสไปไลน์เป็นรูปแบบการเคลื่อนที่ที่ใช้โดยทั่วไปของการเคลื่อนที่แบบเส้นตรง เนื่องจากมีความเหมาะสมกับการเคลื่อนที่ของอุปกรณ์คือมีช่วงความเร่งคงที่ โดยเพิ่มความเร็วจากหยุดนิ่งไปจนถึงค่าความเร็วที่กำหนด และมีช่วงความหน่วงคงที่โดยลดความเร็วจากค่าที่กำหนดจนหยุดการเคลื่อนที่ทำให้การเคลื่อนที่เป็นไปอย่างนิ่มนวลไม่กระชากและเกิดการสั่นในช่วงแรกเหมือนการเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ตลอดเส้นทาง

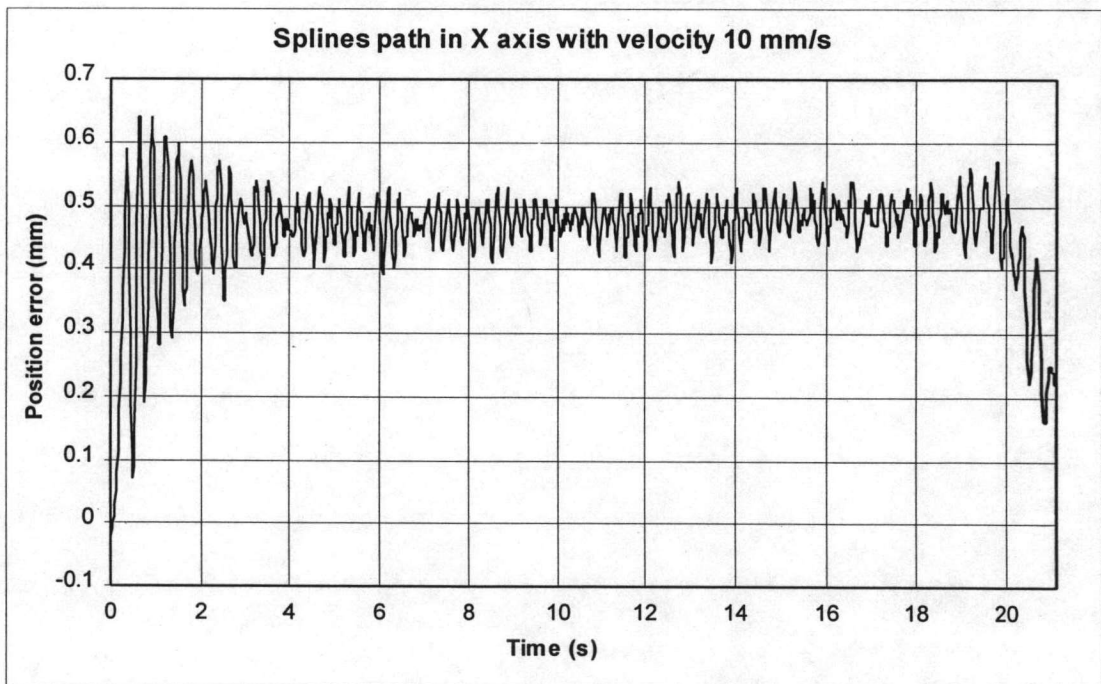
ในการทดสอบการเคลื่อนที่แบบสไปไลน์ ได้ทำการเคลื่อนที่ในแต่ละแนวแกนที่ละแกนที่ความเร็วต่าง ๆ และทำการบันทึกผลของตำแหน่งที่เคลื่อนที่ที่เวลาต่าง ๆ เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับตำแหน่งอ้างอิง ซึ่งผลการทดลองเป็นดังต่อไปนี้

1.2.1 การเคลื่อนที่ตามแนวแกน x

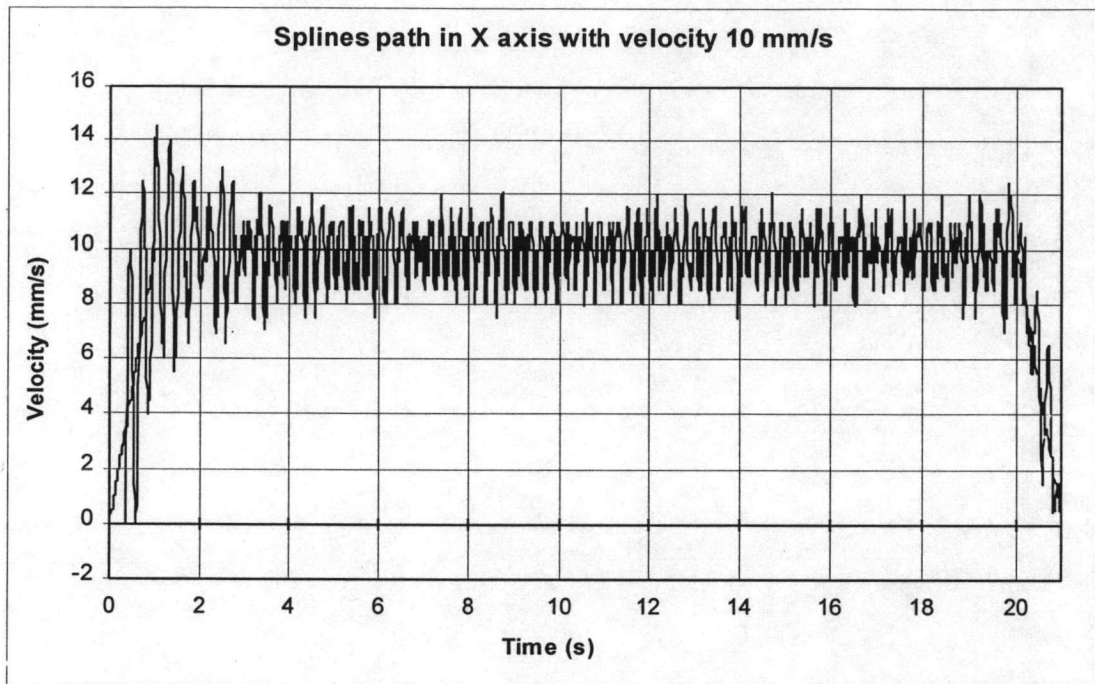
ในการทดลองนี้ได้ทำการเคลื่อนที่ในแนวแกน x เป็นระยะทาง 205 มิลลิเมตร ด้วยความเร็วในช่วงคงที่เท่ากับ 10 มิลลิเมตรต่อวินาที จากนั้นทำการบันทึกตำแหน่งของการเคลื่อนที่ในแนวแกน x ที่เวลาต่าง ๆ ผลที่ได้เป็นดังแสดงในรูปที่ 5.13 นอกจากนี้ยังได้คำนวณค่าผิดพลาดของตำแหน่งที่บันทึก ค่าความเร็วในการเคลื่อนที่ และ ค่าผิดพลาดของความเร็วที่เวลาต่าง ๆ ดังแสดงไว้ในรูปที่ 5.14, 5.15 และ 5.16 ตามลำดับ



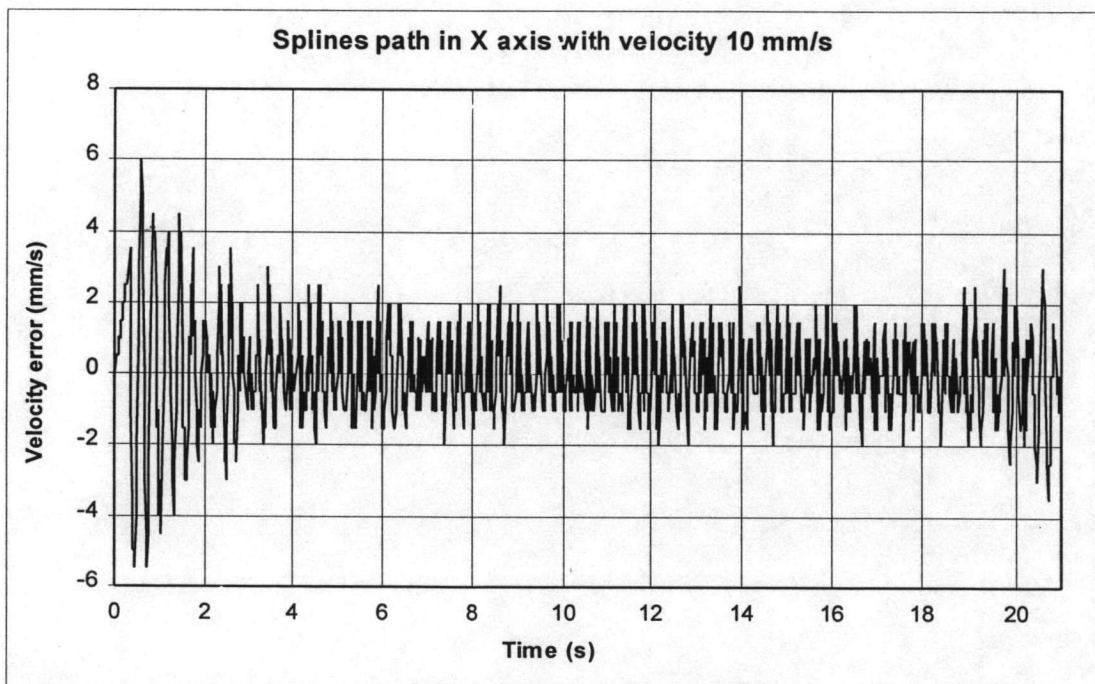
รูปที่ 5.13 ตำแหน่งทางเดินแบบสไปไลน์แกน x ความเร็วช่วงคงที่เท่ากับ 10 mm/s



รูปที่ 5.14 ค่าผิดพลาดของตำแหน่งทางเดินแบบสไปไลน์แกน x ความเร็วช่วงคงที่เท่ากับ 10 mm/s



รูปที่ 5.15 ความเร็วตามทางเดินแบบสไปลน์แกน x ความเร็วช่วงคงที่เท่ากับ 10 mm/s



รูปที่ 5.16 ค่าผิดพลาดของความเร็วตามทางเดินแบบสไปลน์
แกน x ความเร็วช่วงคงที่เท่ากับ 10 mm/s

จากรูปที่ 5.13 แสดงตำแหน่งตามทางเดินแบบสไปรน์ที่เวลาต่าง ๆ เส้นกราฟของตำแหน่งจริงจะมีค่าใกล้เคียงกับค่าอ้างอิงตลอดระยะทาง เมื่อพิจารณารูปที่ 5.14 ซึ่งแสดงค่าผิดพลาดของตำแหน่งในการเคลื่อนที่ จะเห็นว่า ค่าผิดพลาดเริ่มต้นมีค่าประมาณ 0.65 มิลลิเมตร และแกว่งตัวลดลงมาอยู่ที่ 0.48 มิลลิเมตรในช่วงความเร็วคงที่ ส่วนในช่วงสุดท้ายของการเคลื่อนที่ ค่าผิดพลาดจะลดลงมาอยู่ที่ 0.2 มิลลิเมตร และจากรูปที่ 5.15 และ 5.16 ซึ่งแสดงความเร็วและค่าผิดพลาดของความเร็วในการเคลื่อนที่ จะเห็นว่าค่าผิดพลาดสูงสุดของความเร็วจะอยู่ที่ช่วงแรกของการเคลื่อนที่และแกว่งตัวอยู่ในช่วง ± 2 มิลลิเมตรต่อวินาทีในช่วงความเร็วคงที่ เมื่อเปรียบเทียบค่าผิดพลาดของตำแหน่งและความเร็วของการเคลื่อนที่แบบสไปรน์กับการเคลื่อนที่แบบเส้นตรงความเร็วคงที่ จะเห็นว่าค่าผิดพลาดของการเคลื่อนที่แบบสไปรน์จะน้อยกว่าแบบความเร็วคงที่

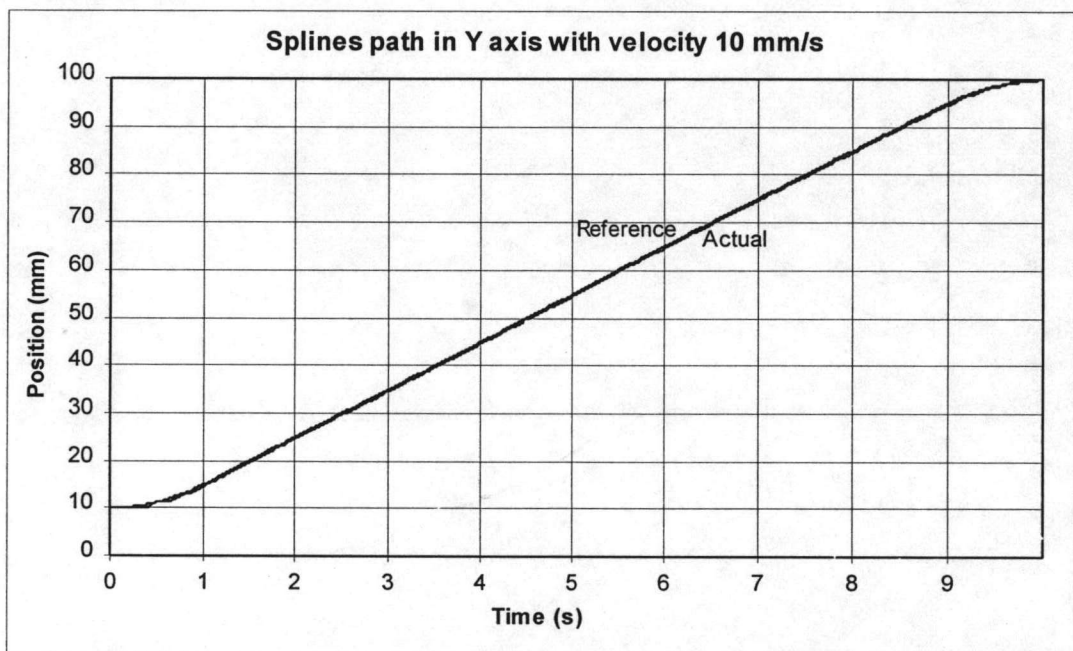
ค่าผิดพลาดของตำแหน่งและความเร็วสำหรับการเคลื่อนที่ที่ความเร็วต่าง ๆ แสดงไว้ในตารางที่ 5.4 จะเห็นได้ว่า ค่าผิดพลาดของตำแหน่งและความเร็วโดยเฉลี่ย และค่าผิดพลาดของตำแหน่งและความเร็วสูงสุดมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อความเร็วในการเคลื่อนที่เพิ่มขึ้น

ตารางที่ 5.4 ค่าผิดพลาดของตำแหน่งและความเร็วของแกน x สำหรับทางเดินแบบสไปรน์

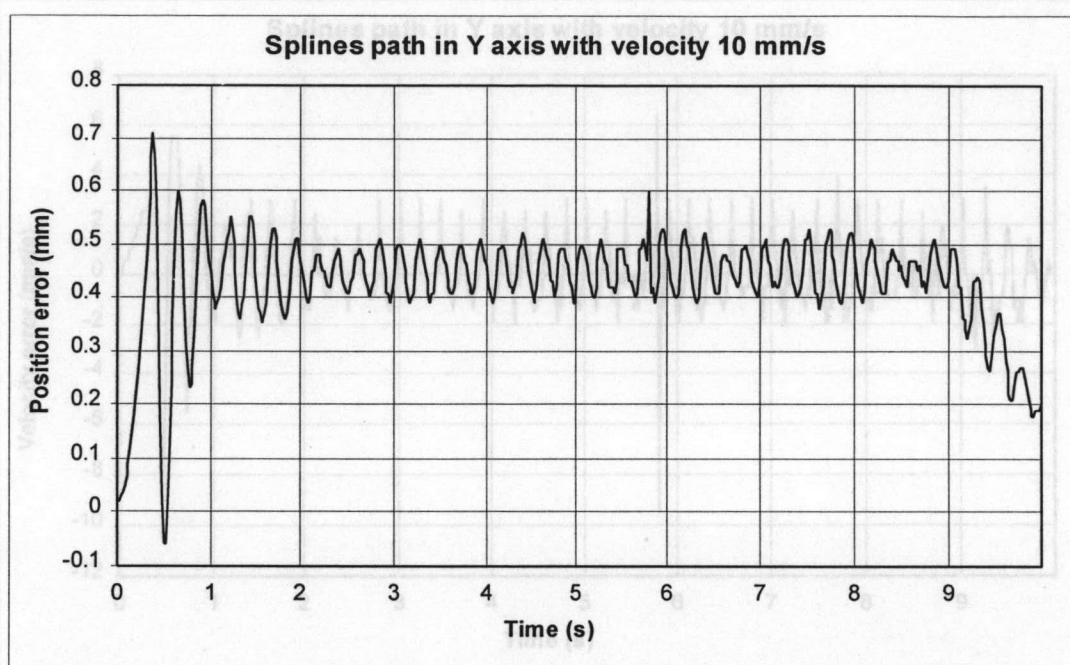
ความเร็ว mm/s	ค่าผิดพลาดของตำแหน่ง			ค่าผิดพลาดความเร็ว	
	เฉลี่ย mm	จุดสุดท้าย mm	ค่าสูงสุด mm	เฉลี่ย mm/s	ค่าสูงสุด mm/s
3	0.32	0.23	0.45	0.63	2.62
5	0.33	0.23	0.46	0.73	3.27
10	0.43	0.19	0.55	0.96	4.12
20	0.56	0.17	0.84	1.47	4.76
30	0.59	0.20	1.05	1.18	4.55
40	1.05	0.15	1.55	2.34	10.62
50	1.12	0.15	2.17	2.98	16.00

1.2.2 การเคลื่อนที่ตามแนวแกน y

ในการทดลองนี้ได้ทำการเคลื่อนที่ในแนวแกน y เป็นระยะทาง 90 มิลลิเมตร ด้วยความเร็วในช่วงคงที่เท่ากับ 10 มิลลิเมตรต่อวินาที จากนั้นทำการบันทึกตำแหน่งของการเคลื่อนที่ในแนวแกน y ที่เวลาต่าง ๆ ผลที่ได้เป็นดังแสดงในรูปที่ 5.17 นอกจากนี้ยังได้คำนวณค่าผิดพลาดของตำแหน่งที่บันทึก, ค่าความเร็วในการเคลื่อนที่ และ ค่าผิดพลาดของความเร็วที่เวลาต่าง ๆ ดังแสดงไว้ในรูปที่ 5.18, 5.19 และ 5.20 ตามลำดับ

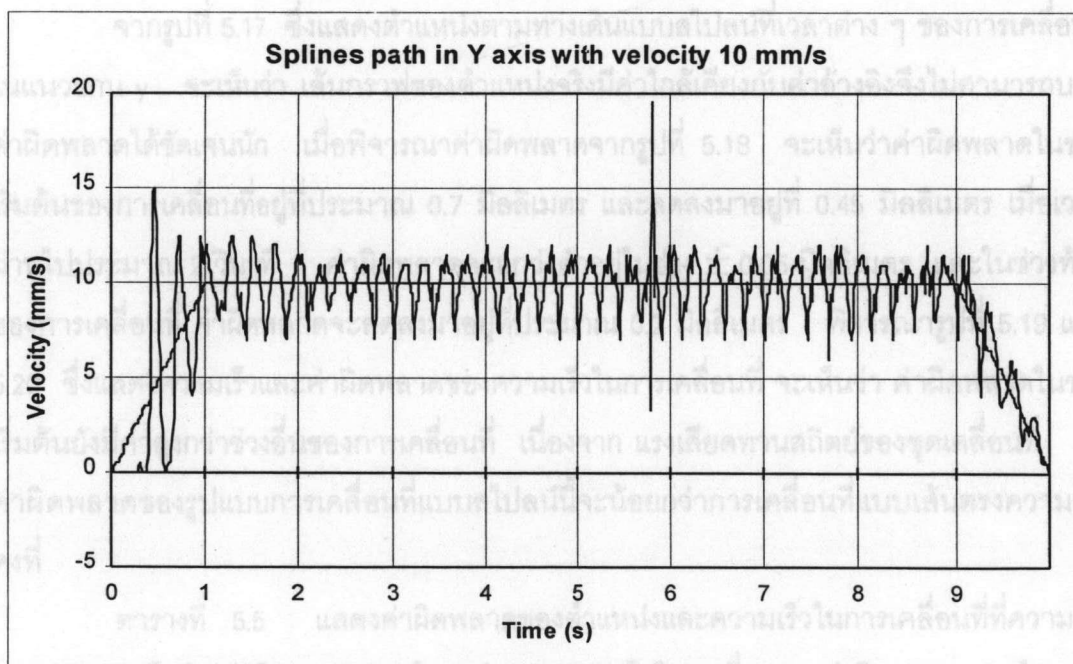


รูปที่ 5.17 ตำแหน่งทางเดินแบบสไปลีนตามแกน y ความเร็ว 10 mm/s

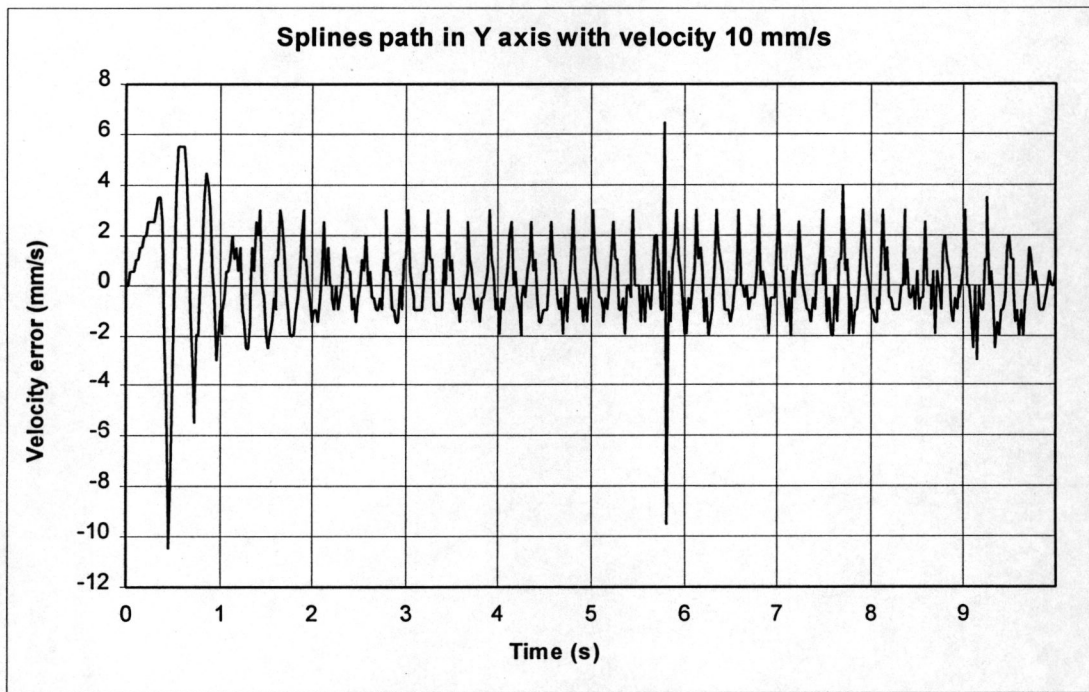


รูปที่ 5.18 ค่าผิดพลาดของตำแหน่งทางเดินแบบสไปลน์ตามแกน y ความเร็ว 10 mm/s

แกน y ความเร็ว 10 mm/s



รูปที่ 5.19 ความเร็วตามทางเดินแบบสไปลน์แกน y ความเร็ว 10 mm/s



รูปที่ 5.20 ค่าผิดพลาดของความเร็วตามทางเดินแบบสไปลน์
แกน y ความเร็ว 10 mm/s

จากรูปที่ 5.17 ซึ่งแสดงตำแหน่งตามทางเดินแบบสไปลน์ที่เวลาต่าง ๆ ของการเคลื่อนที่ในแนวแกน y จะเห็นว่า เส้นกราฟของตำแหน่งจริงมีค่าใกล้เคียงกับค่าอ้างอิงจึงไม่สามารถบอกค่าผิดพลาดได้ชัดเจนนัก เมื่อพิจารณาค่าผิดพลาดจากรูปที่ 5.18 จะเห็นว่าค่าผิดพลาดในช่วงเริ่มต้นของการเคลื่อนที่อยู่ที่ประมาณ 0.7 มิลลิเมตร และลดลงมาอยู่ที่ 0.45 มิลลิเมตร เมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 2 วินาที ค่าผิดพลาดจะแกว่งตัวอยู่ในช่วง ± 0.05 มิลลิเมตร และในช่วงท้ายของการเคลื่อนที่ ค่าผิดพลาดจะลดลงมาอยู่ที่ประมาณ 0.2 มิลลิเมตร พิจารณารูปที่ 5.19 และ 5.20 ซึ่งแสดงความเร็วและค่าผิดพลาดของความเร็วในการเคลื่อนที่ จะเห็นว่า ค่าผิดพลาดในช่วงเริ่มต้นยังมีค่าสูงกว่าช่วงอื่นของการเคลื่อนที่ เนื่องจาก แรงเสียดทานสถิตย์ของชุดเคลื่อนที่ แต่ค่าผิดพลาดของรูปแบบการเคลื่อนที่แบบสไปลน์นี้จะน้อยกว่าการเคลื่อนที่แบบเส้นตรงความเร็วคงที่

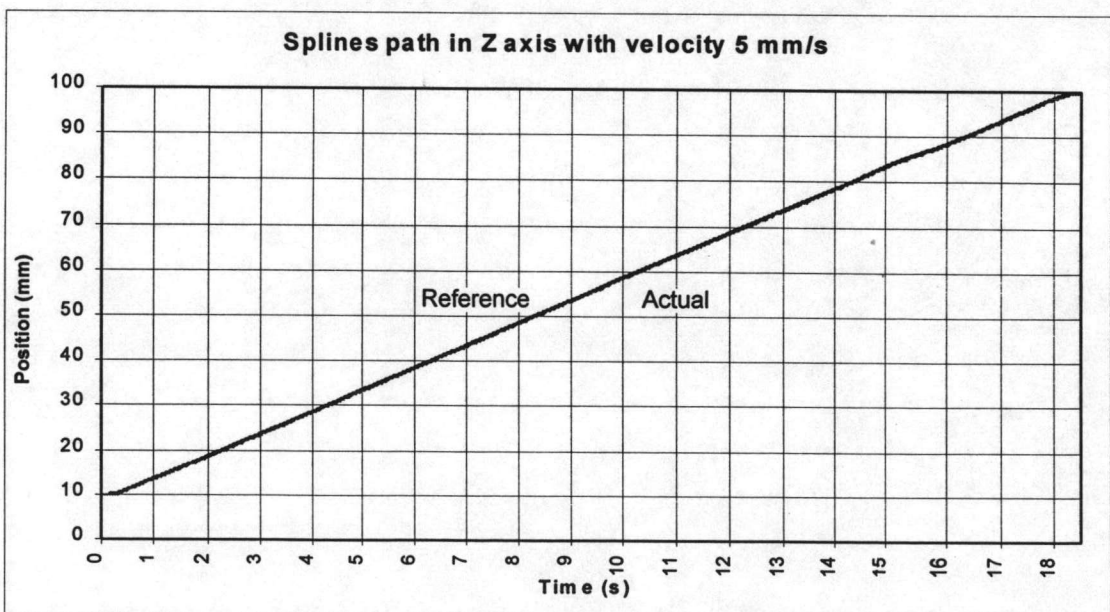
ตารางที่ 5.5 แสดงค่าผิดพลาดของตำแหน่งและความเร็วในการเคลื่อนที่ที่ความเร็วต่าง ๆ จะเห็นว่า ค่าผิดพลาดของตำแหน่งและความเร็วโดยเฉลี่ย และค่าผิดพลาดของตำแหน่งและความเร็วสูงสุดมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อความเร็วในการเคลื่อนที่เพิ่มขึ้น

ตารางที่ 5.5 ค่าผิดพลาดของตำแหน่งและความเร็วของแกน y สำหรับทางเดินแบบสไปรน์

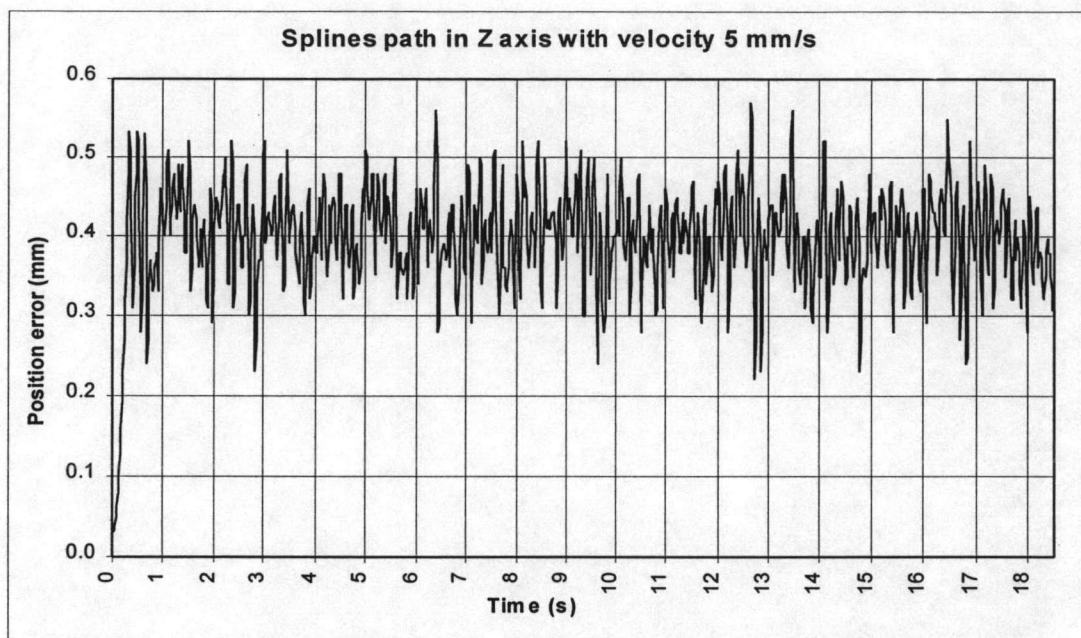
ความเร็ว mm/s	ค่าผิดพลาดของตำแหน่ง			ค่าผิดพลาดความเร็ว	
	เฉลี่ย mm	จุดสุดท้าย mm	ค่าสูงสุด mm	เฉลี่ย mm/s	ค่าสูงสุด mm/s
3	0.26	0.15	0.56	0.59	7.34
5	0.31	0.19	0.58	0.60	7.56
10	0.40	0.14	0.68	0.95	10.11
20	0.59	0.13	0.87	1.48	11.99
30	0.76	0.12	1.21	1.85	11.84
40	0.87	0.15	1.57	2.24	13.18

1.2.3 การเคลื่อนที่ตามแนวแกน z

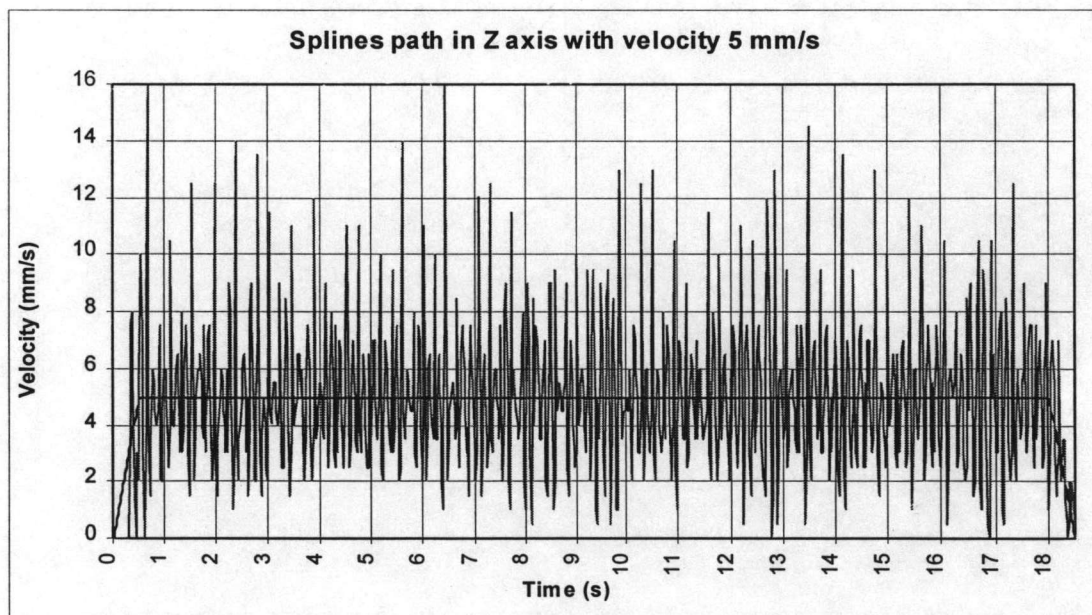
ในการทดลองนี้ได้ทำการเคลื่อนที่ในแนวแกน z เป็นระยะทาง 90 มิลลิเมตร ด้วยความเร็วในช่วงคงที่เท่ากับ 5 มิลลิเมตรต่อวินาที จากนั้นทำการบันทึกตำแหน่งของการเคลื่อนที่ในแนวแกน y ที่เวลาต่าง ๆ ผลที่ได้เป็นดังแสดงในรูปที่ 5.21 นอกจากนี้ยังได้คำนวณค่าผิดพลาดของตำแหน่งที่บันทึก, ค่าความเร็วในการเคลื่อนที่และค่าผิดพลาดของความเร็วที่เวลาต่าง ๆ ดังแสดงไว้ในรูปที่ 5.22, 5.23 และ 5.24 ตามลำดับ



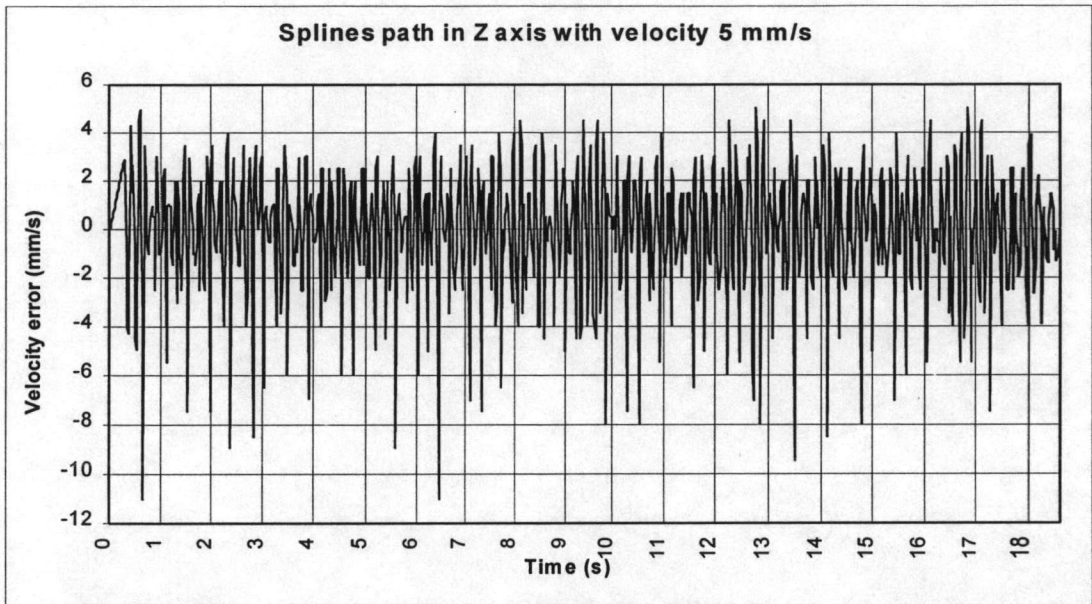
รูปที่ 5.21 ตำแหน่งทางเดินแบบสไปรน์ตามแกน z ความเร็ว 5 mm/s



รูปที่ 5.22 ค่าผิดพลาดของตำแหน่งทางเดินแบบสไปลน์ตามแกน z ความเร็ว 5 mm/s



รูปที่ 5.23 ความเร็วตามทางเดินแบบสไปลน์แกน z ความเร็ว 5 mm/s



รูปที่ 5.24 ค่าผิดพลาดของความเร็วตามทางเดินแบบสไปลน์แกน z ความเร็ว 5 mm/s

รูปที่ 5.21 แสดงตำแหน่งในการเคลื่อนที่แบบสไปลน์ของแกน z จะมีลักษณะเหมือนกับกราฟแสดงตำแหน่งในการเคลื่อนที่ของแนวแกน x และ y คือค่าจริงค่อนข้างใกล้เคียงกับค่าอ้างอิง เมื่อพิจารณารูปที่ 5.22 ซึ่งแสดงค่าผิดพลาดของตำแหน่งในการเคลื่อนที่ จะเห็นว่าค่าผิดพลาดจะอยู่ที่ 0.4 มิลลิเมตร แกว่งตัวในช่วง ± 0.1 มิลลิเมตร ตั้งแต่เริ่มต้นการเคลื่อนที่จนถึงจุดสุดท้าย จะสังเกตเห็นว่า การแกว่งตัวของค่าผิดพลาดของตำแหน่งที่เคลื่อนที่มีค่าค่อนข้างมาก เมื่อพิจารณารูปของความเร็วและค่าผิดพลาดของความเร็วในการเคลื่อนที่จากรูปที่ 5.23 และ 5.24 จะเห็นว่าค่าผิดพลาดของความเร็วมีมาก การแกว่งตัวอยู่ในช่วงกว้างเหมือนกับการเคลื่อนที่แบบเส้นตรงความเร็วคงที่

เมื่อทำการทดลอง โดยเพิ่มความเร็วของการเคลื่อนที่ ในช่วงความเร็วคงที่จาก 3 มิลลิเมตรต่อวินาที ไปจนถึง 15 มิลลิเมตรต่อวินาที ได้ผลดังแสดงไว้ในตารางที่ 5.6

ตารางที่ 5.6 ค่าผิดพลาดของตำแหน่งและความเร็วของแกน z สำหรับทางเดินแบบสไปรล

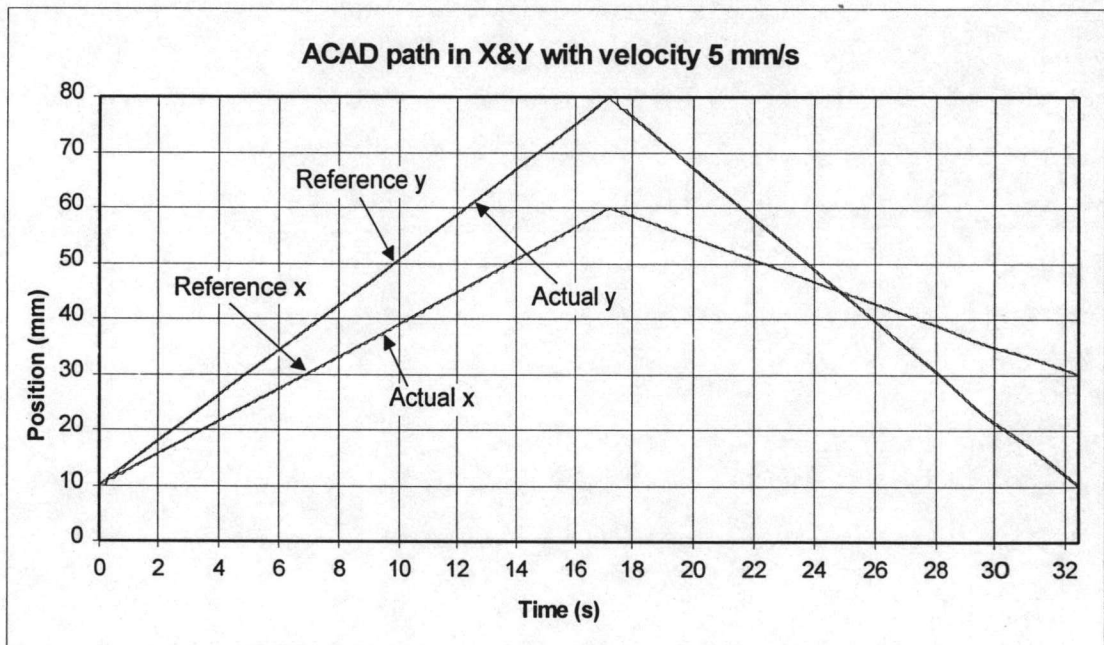
ความเร็ว mm/s	ค่าผิดพลาดของตำแหน่ง			ค่าผิดพลาดความเร็ว	
	เฉลี่ย mm	จุดสุดท้าย mm	ค่าสูงสุด mm	เฉลี่ย mm/s	ค่าสูงสุด mm/s
3	0.30	0.30	0.47	1.46	-9.92
5	0.40	0.34	0.61	1.84	-10.50
10	0.42	0.39	0.70	3.38	-19.02
15	0.44	0.35	0.82	5.09	-28.70

จากตารางที่ 5.6 พบว่าค่าผิดพลาดของตำแหน่งและความเร็วโดยเฉลี่ย และ ค่าผิดพลาดสูงสุดของตำแหน่งและความเร็ว มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อความเร็วในการเคลื่อนที่เพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบค่าผิดพลาดกับค่าผิดพลาดของการเคลื่อนที่แบบเส้นตรงความเร็วคงที่ จะเห็นว่า ค่าผิดพลาดโดยเฉลี่ยและค่าผิดพลาดสูงสุดของการเคลื่อนที่แบบสไปรลจะมีค่าน้อยกว่า

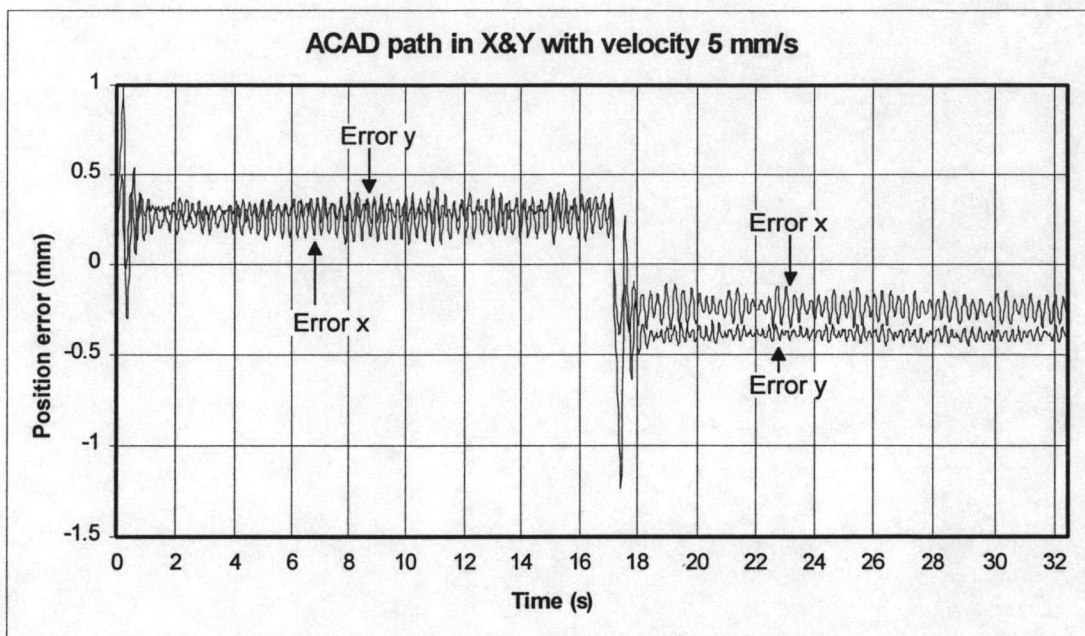


1.3 การเคลื่อนที่แบบหักมุมในแนวแกน x และ y

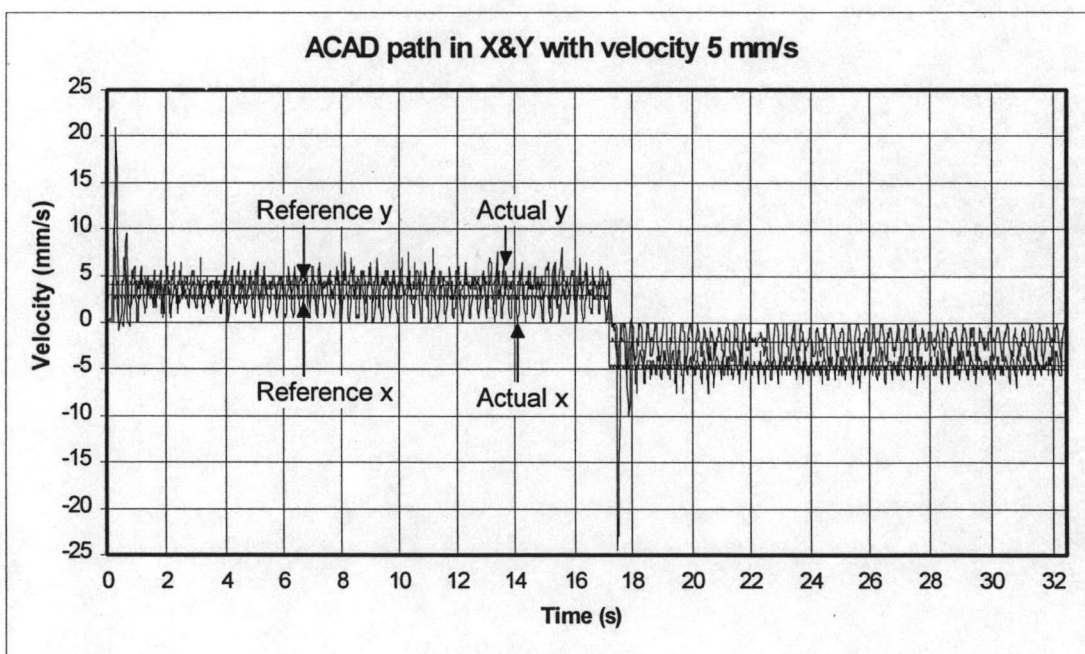
การเคลื่อนที่แบบหักมุมนี้เป็นการทดสอบการเคลื่อนที่เพื่อหาค่าผิดพลาดในการเคลื่อนที่ที่กลับทิศทางของชุดเคลื่อนที่ซึ่งพบมากในการเคลื่อนที่ทั่วไป และได้ทดสอบโดยการเคลื่อนที่พร้อมกันในแนวแกน x และ y และเคลื่อนที่ที่กลับพร้อมกันทั้ง 2 แกนทำให้ได้รูปแบบซึ่งมีการหักมุมทั้ง 2 แกน ทั้งนี้ใช้การป้อนตำแหน่งแบบความเร็วคงที่ เนื่องจากต้องการให้เคลื่อนที่ด้วยความเร็วในช่วงของการหักมุม ผลที่ได้จากการทดลองแต่ละแกนแสดงไว้ในรูปที่ 5.25-5.30 โดยที่ความเร็วในการเคลื่อนที่เป็น 5 มิลลิเมตรต่อวินาที ระยะทางตามแกน x เคลื่อนที่ไปทางบวกเป็นระยะ 50 มิลลิเมตร และเคลื่อนที่กลับเป็นระยะ 30 มิลลิเมตร ส่วนแกน y เคลื่อนที่ทางบวกระยะ 70 มิลลิเมตร และเคลื่อนที่กลับด้วยระยะ 70 มิลลิเมตร



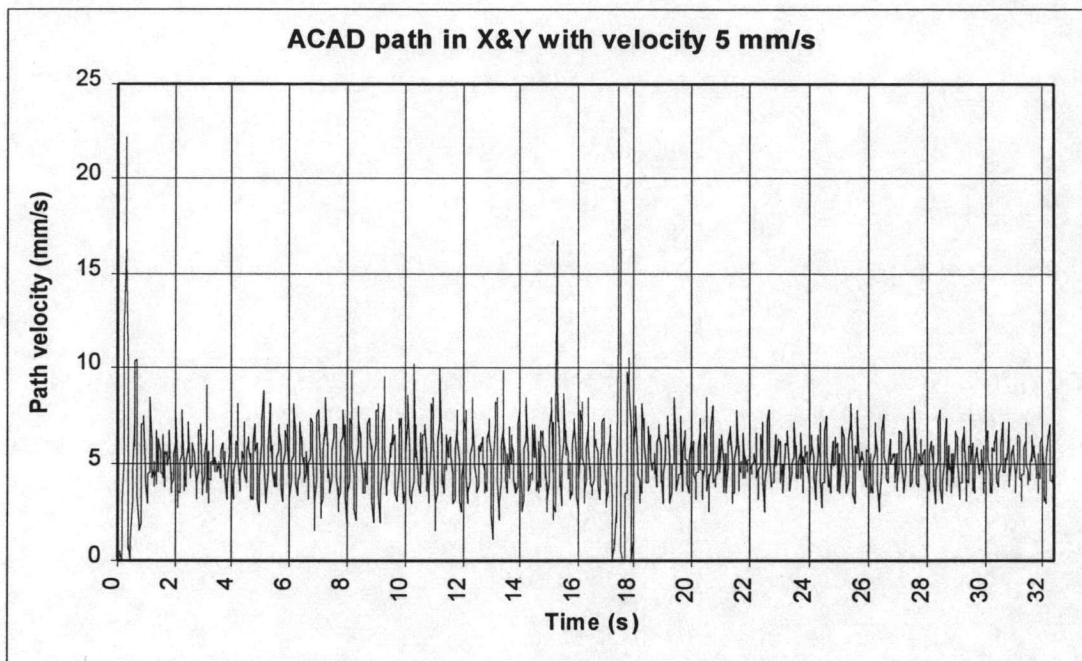
รูปที่ 5.25 ตำแหน่งตามทางเดินแบบหักมุม แกน x และ y



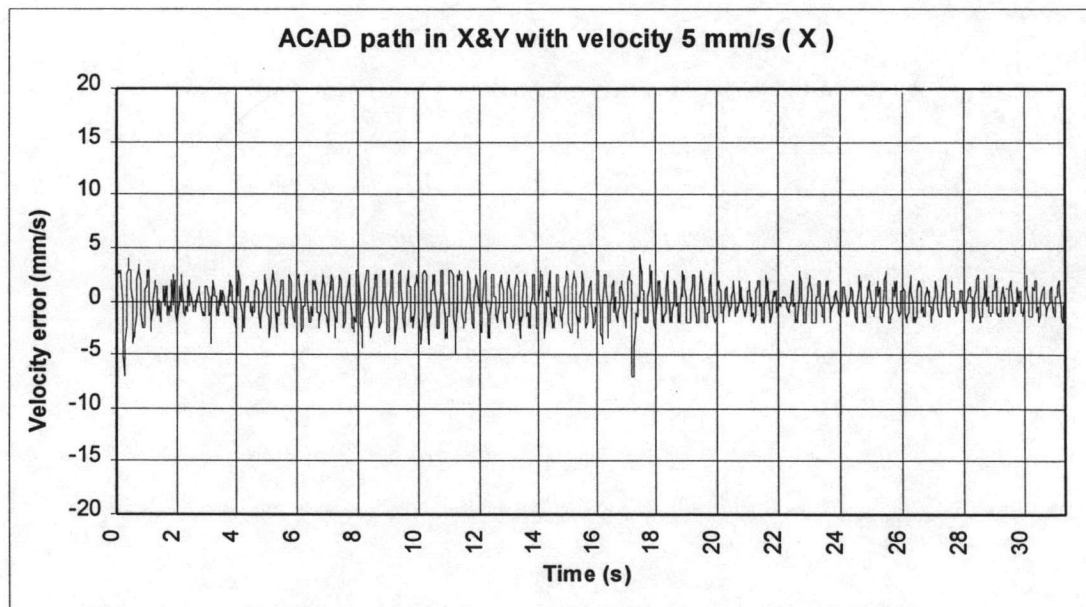
รูปที่ 5.26 ค่าผิดพลาดของตำแหน่งตามทางเดินแบบหักมุม แกน x และ y



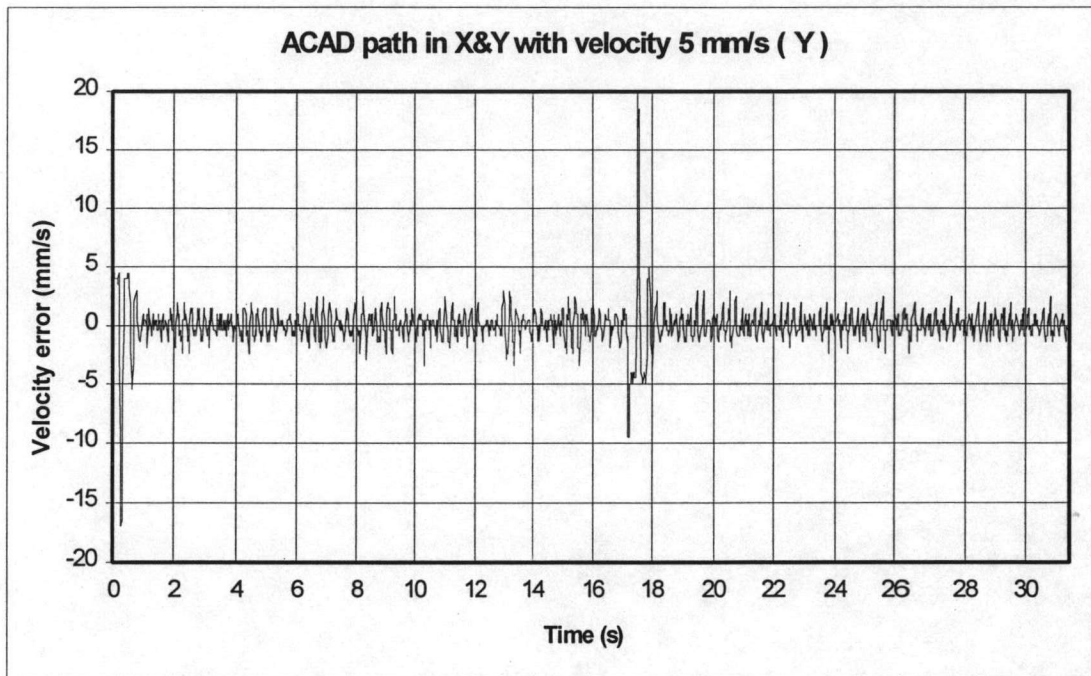
รูปที่ 5.27 ความเร็วตามทางเดินแบบหักมุม แกน x และ y



รูปที่ 5.28 ความเร็วตามทางเดินแบบหักมุม



รูปที่ 5.29 ค่าผิดพลาดของความเร็วมตามทางเดินแบบหักมุมแกน x



รูปที่ 5.30 ค่าผิดพลาดของความเร็วตามทางเดินแบบหักมุมแกน y

จากรูปที่ 5.25 ซึ่งแสดงตำแหน่งที่เคลื่อนที่อ้างอิงกับค่าจริงของการเคลื่อนที่ในแนวแกน x และ y จะสังเกตเห็นค่าผิดพลาดของตำแหน่งในช่วงเริ่มต้นของการเคลื่อนที่ และตรงตำแหน่งที่มีการหักมุม ซึ่งเกิดจากค่าแบคแลช (Back Lash) ของชุดเฟืองทด และสามารถเห็นได้ชัดเจนจากรูปที่ 5.26 ซึ่งแสดงค่าผิดพลาดของตำแหน่งในการเคลื่อนที่ จะเห็นว่า การแกว่งตัวในช่วงหักมุมจะทำให้เกิดค่าผิดพลาดประมาณ 1.5 มิลลิเมตร ในช่วงที่เคลื่อนที่เป็นเส้นตรงด้วยความเร็วคงที่ ค่าผิดพลาดของแกน x จะอยู่ที่ค่าประมาณ 0.25 มิลลิเมตร ส่วนแกน y จะมีค่าประมาณ 0.35 มิลลิเมตร ค่าผิดพลาดในแนวแกน x จะน้อยกว่าในแนวแกน y เนื่องจากความเร็วในแนวแกน y มีค่ามากกว่า

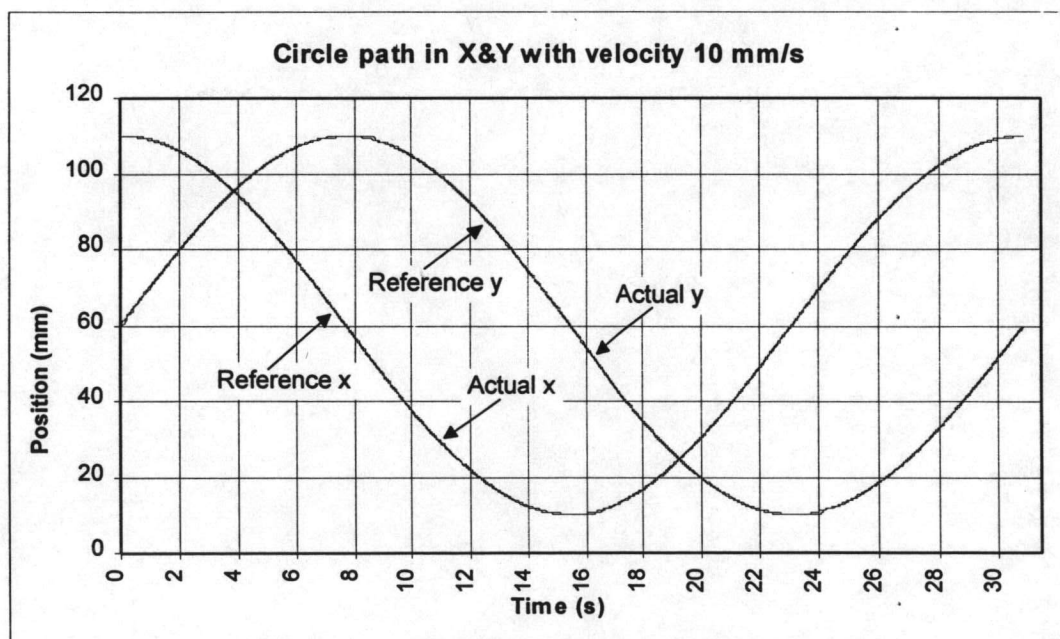
เมื่อพิจารณารูปของความเร็วและค่าผิดพลาดของความเร็วรูปที่ 5.27 - 5.30 พบว่า ค่าผิดพลาดของความเร็วจะแกว่งอยู่ในช่วง ± 3 มิลลิเมตรต่อวินาที และมีค่ามากเมื่อเกิดการเคลื่อนที่แบบหักมุม ค่าผิดพลาดในการเคลื่อนที่แบบหักมุมที่ความเร็วในการเคลื่อนที่ต่าง ๆ เป็นดังแสดงในตารางที่ 5.7 ซึ่งจะเห็นว่าค่าผิดพลาดของตำแหน่งและความเร็วโดยเฉลี่ยและค่าสูงสุดจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อความเร็วในการเคลื่อนที่เพิ่มขึ้น

ตารางที่ 5.7 ค่าผิดพลาดของตำแหน่งและความเร็วของแกน x,y สำหรับทางเดินแบบหักมุม

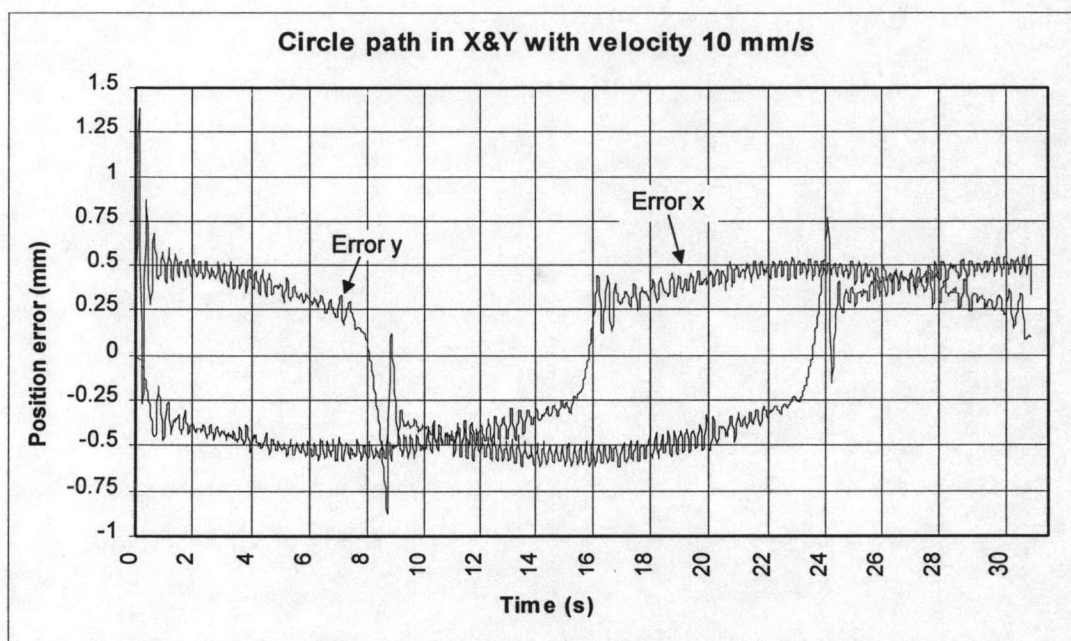
ความเร็ว mm/s	ค่าผิดพลาดของตำแหน่ง						ค่าผิดพลาดความเร็ว			
	เฉลี่ย		จุดสุดท้าย		ค่าสูงสุด		เฉลี่ย		ค่าสูงสุด	
	x (mm)	y	x (mm)	y	x (mm)	y	x (mm/s)	y	x (mm/s)	y
3	0.26	0.29	-0.15	-0.15	0.45	-0.97	0.75	0.66	-4.42	14.64
5	0.28	0.36	-0.19	-0.12	1.24	-1.22	1.89	1.04	-7.32	20.40
10	0.38	0.48	-0.13	-0.04	-0.10	-1.76	2.89	2.00	-18.50	31.50

1.4 การเคลื่อนที่แบบวงกลมในแนวแกน x และ y

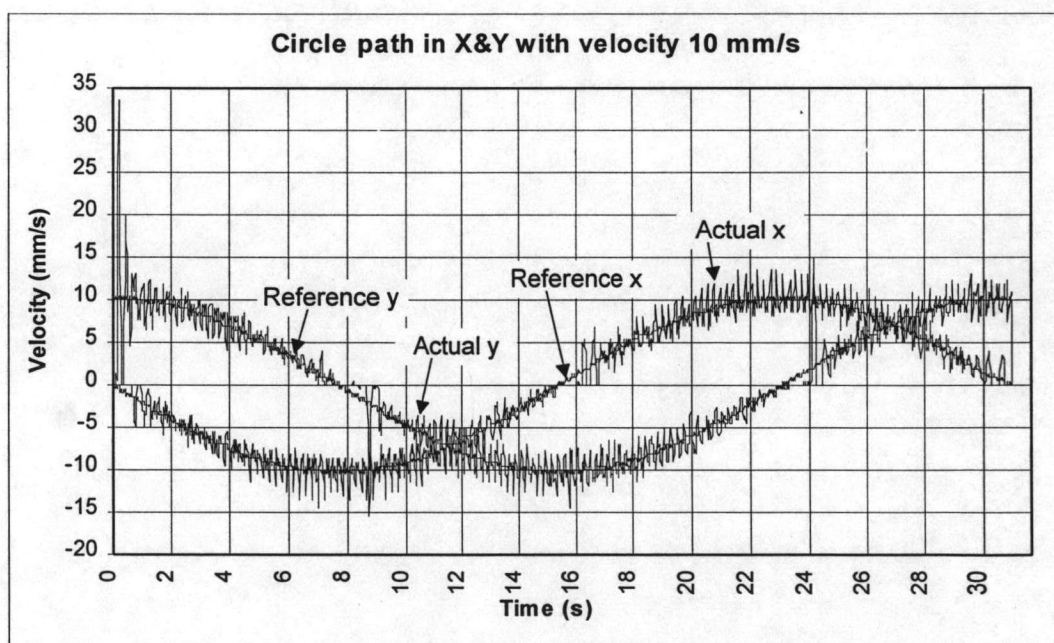
การเคลื่อนที่แบบวงกลมในแนวแกน x และ y นี้ เป็นรูปแบบการเคลื่อนที่แบบพื้นฐานอย่างหนึ่งที่ใช้กันมาก และสามารถตรวจสอบการทำงานได้ง่าย เนื่องจากทางเดินมีลักษณะต่อเนื่อง มีการเคลื่อนที่ที่กลับทิศทางไปมาทั้ง 2 แกน ในวิทยานิพนธ์นี้ ได้สร้างทางเดินรูปวงกลมเป็นแบบความเร็วคงที่ ซึ่งสร้างจากเส้นตรงที่มีขนาดเล็กมาต่อกันเป็นรูปวงกลม ทดสอบโดยการให้ชุดเคลื่อนที่เคลื่อนไปตามเส้นทางแบบวงกลมที่สร้างไว้ แล้วบันทึกผลของตำแหน่งที่เคลื่อนที่จริงเปรียบเทียบกับเวลาที่ใช้ ผลที่ได้จากการทดลองแสดงไว้ในรูปที่ 5.31 - 5.36 ซึ่งเคลื่อนที่แบบวงกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 100 มิลลิเมตร ด้วยความเร็ว 10 มิลลิเมตรต่อวินาที



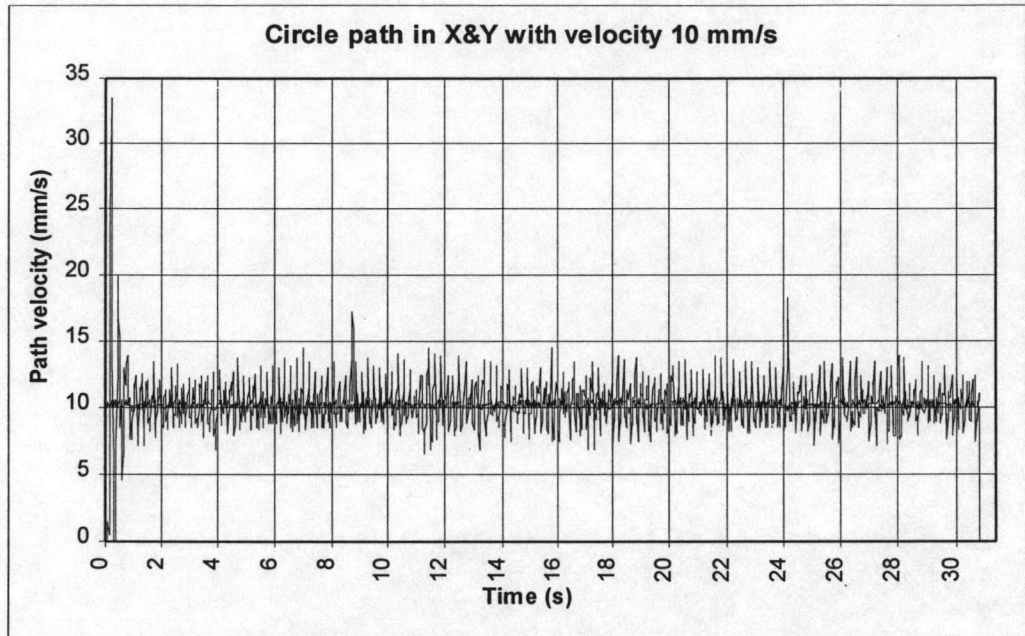
รูปที่ 5.31 ตำแหน่งตามทางเดินแบบวงกลมแกน x และ y



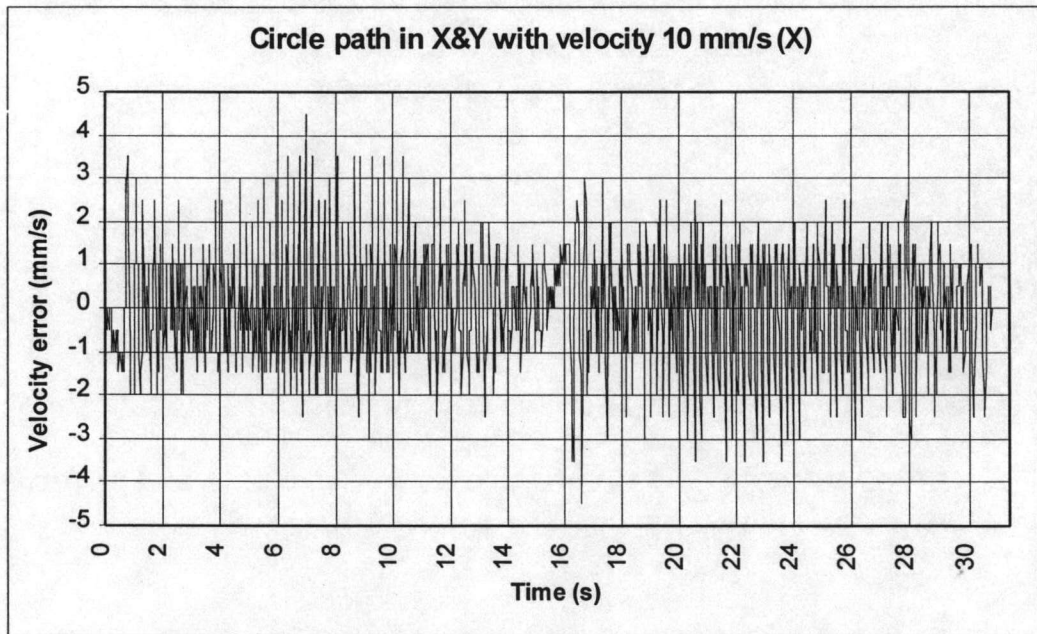
รูปที่ 5.32 ค่าผิดพลาดของตำแหน่งตามทางเดินแบบวงกลมแกน x และ y



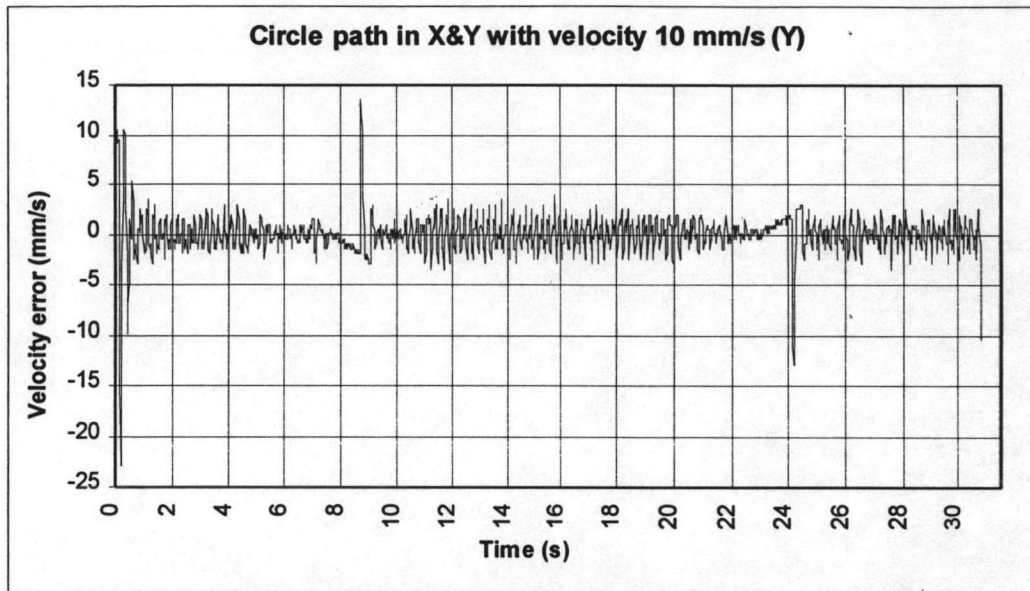
รูปที่ 5.33 ความเร็วตามทางเดินแบบวงกลมแกน x และ y



รูปที่ 5.34 ความเร็วตามทางเดินแบบวงกลม



รูปที่ 5.35 ค่าผิดพลาดของความเร็วตามทางเดินแบบวงกลมแกน x



รูปที่ 5.36 ค่าผิดพลาดของความเร็วตามทางเดินแบบวงกลมแกน y

รูปที่ 5.31 แสดงตำแหน่งที่เคลื่อนที่เทียบกับเวลา จะเห็นว่าค่าผิดพลาดจะเกิดขึ้นบริเวณช่วงแรกของการเคลื่อนที่และจุดที่มีการเคลื่อนที่กลับในแต่ละแกน ซึ่งเกิดจากค่าความเสียดทานในแต่ละแกนและค่าแบคแลชของชุดเฟืองทดซึ่งเห็นได้ชัดเจนจากรูปที่ 5.3.2 และมีค่าผิดพลาดโดยเฉลี่ยของทั้ง 2 แกนจะอยู่ที่ประมาณ 0.5 มิลลิเมตร ในช่วงการเคลื่อนที่ที่ความเร็วคงที่ จากรูปที่ 5.33 - 5.36 ซึ่งแสดงความเร็วในการเคลื่อนที่และค่าผิดพลาดในการเคลื่อนที่พบว่าค่าผิดพลาดของความเร็วในแนวแกน y จะมากกว่าในแกน x โดยค่าผิดพลาดความเร็วของแกน x และ y อยู่ในช่วง ± 3 มิลลิเมตรต่อวินาที

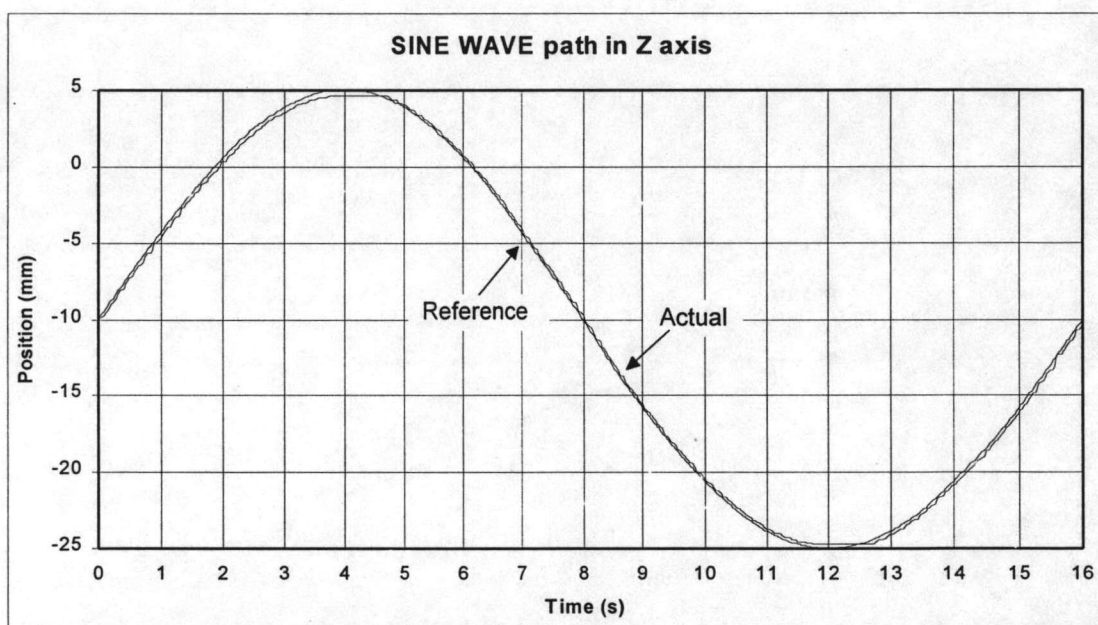
เมื่อเปลี่ยนความเร็วในการเคลื่อนที่ จะพบว่าค่าผิดพลาดของตำแหน่งและความเร็วโดยเฉลี่ยและสูงสุดมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อความเร็วเพิ่มขึ้น ดังแสดงในตารางที่ 5.8

ตารางที่ 5.8 ค่าผิดพลาดของตำแหน่งและความเร็วของแกน x, y สำหรับทางเดินแบบวงกลม

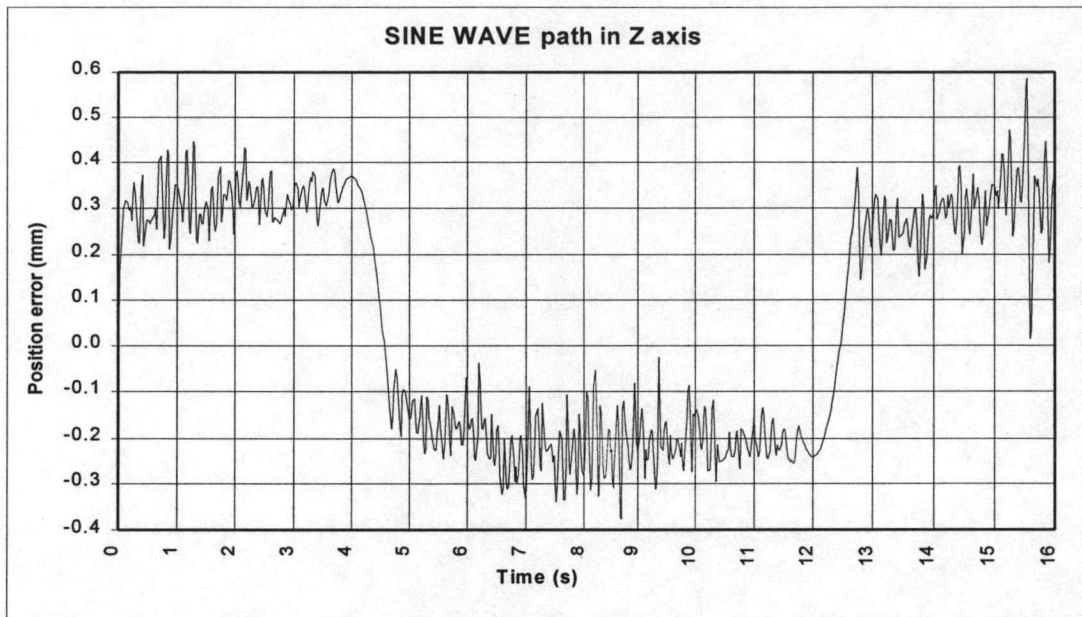
ความเร็ว mm/s	ค่าผิดพลาดของตำแหน่ง						ค่าผิดพลาดความเร็ว			
	เฉลี่ย		จุดสุดท้าย		ค่าสูงสุด		เฉลี่ย		ค่าสูงสุด	
	x (mm)	y	x (mm)	y	x (mm)	y	x (mm/s)	y	x (mm/s)	y
3	0.32	0.27	0.23	0.09	0.64	0.97	0.59	0.50	3.90	17.70
5	0.34	0.32	0.20	0.08	0.49	0.98	0.71	0.66	4.50	16.77
10	0.40	0.42	0.15	0.10	0.58	1.51	0.92	1.26	4.37	30.62

1.5 การเคลื่อนที่ตามแนวแกน z แบบรูปคลื่นไซน์ (sine wave)

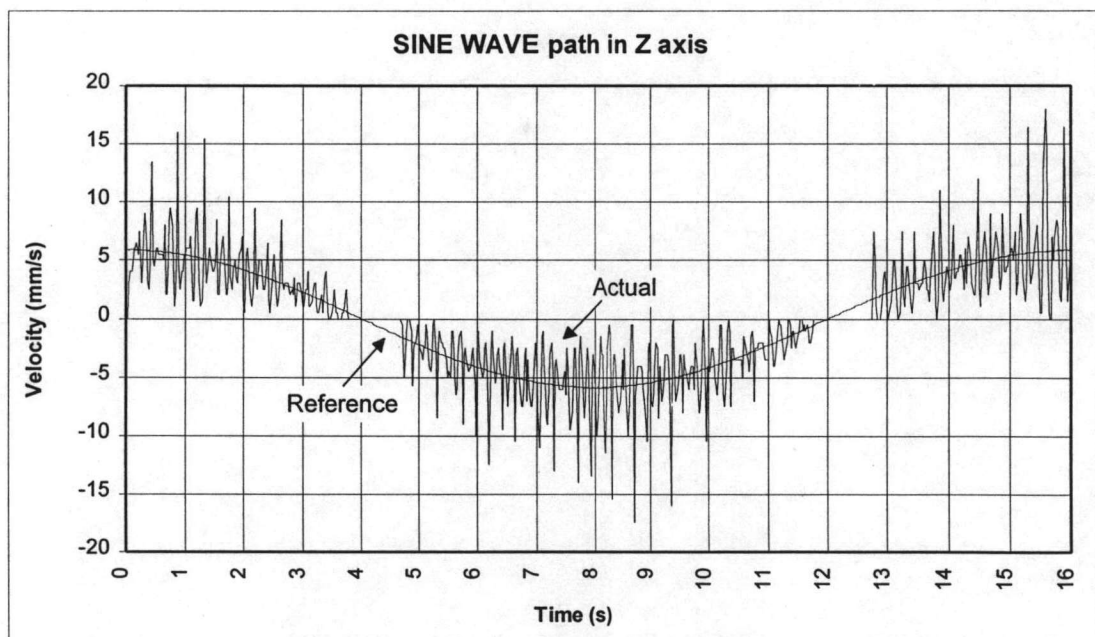
เนื่องจากชุดเคลื่อนที่ในแนวแกน z จะเคลื่อนที่ติดจากกับพื้น ซึ่งจะมีแรงจากน้ำหนักของส่วนที่เคลื่อนที่กดลงตลอดเวลาจึงทำให้สภาวะในการเคลื่อนที่ขึ้นกับเคลื่อนที่ลงแตกต่างกัน การทดสอบแบบทางเดินเส้นตรงจะทดสอบได้ทิศทางเดียวเท่านั้น จึงทำการทดสอบการเคลื่อนที่ทั้งขึ้นและลงของแกน z ในการเคลื่อนที่ครั้งเดียวด้วยทางเดินแบบไซน์ 1 ลูกคลื่น ด้วยขนาดความสูง 15 มิลลิเมตร ระยะห่างระหว่างตำแหน่งโดยเฉลี่ยประมาณ 0.075 มิลลิเมตร ผลจากการทดลองแสดงไว้ในรูปที่ 5.37 - 5.40



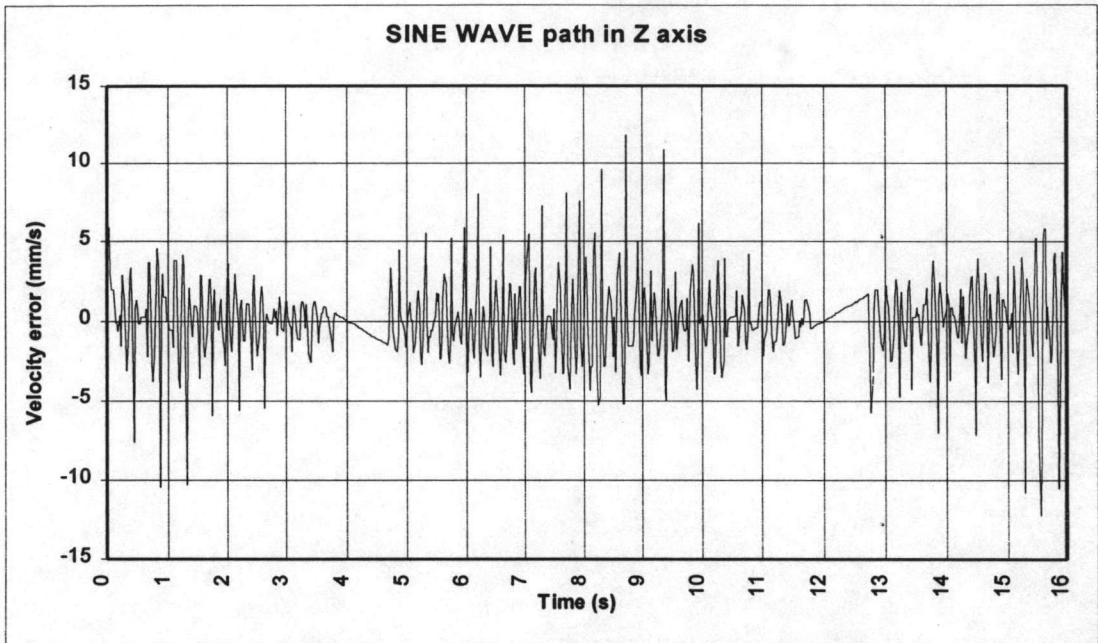
รูปที่ 5.37 ตำแหน่งตามทางเดินแบบ sine แกน z



รูปที่ 5.38 ค่าผิดพลาดของตำแหน่งตามทางเดินแบบ sine แกน z



รูปที่ 5.39 ความเร็วตามทางเดินแบบ sine แกน z



รูปที่ 5.40 ค่าผิดพลาดของความเร็วตามทางเดินแบบ sine แกน z

จากรูปที่ 5.37 และ 5.38 จะเห็นว่าตำแหน่งที่เคลื่อนที่จริงจะผิดพลาดจากค่าอ้างอิงอยู่ประมาณ 0.3 มิลลิเมตร และสามารถสังเกตได้ว่า ค่าผิดพลาดของตำแหน่งขณะเคลื่อนที่ขึ้น จะมากกว่าค่าผิดพลาดของตำแหน่งขณะเคลื่อนที่ลง เนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกทำให้เกิดแรงต้านทานการเคลื่อนที่ขณะเคลื่อนที่ขึ้น จากรูปที่ 5.39 และ 5.40 ซึ่งแสดงความเร็วและค่าผิดพลาดของความเร็ว จะเห็นว่าค่าผิดพลาดของความเร็วจะเกิดการแกว่งในช่วงกว้างพอสมควรขณะเคลื่อนที่

ค่าผิดพลาดของตำแหน่งและความเร็วในการเคลื่อนที่แบบซายน์ แสดงไว้ในตารางที่ 5.9 จะเห็นว่าค่าผิดพลาดของตำแหน่งโดยเฉลี่ยจะอยู่ที่ 0.25 มิลลิเมตร ค่าผิดพลาดสูงสุดของตำแหน่งอยู่ที่ 0.5 มิลลิเมตร ค่าผิดพลาดที่เกิดขึ้นบางส่วนเกิดจากแรงเสียดทานของชุดเคลื่อนที่ซึ่งมีค่าไม่เท่ากันในแต่ละตำแหน่ง

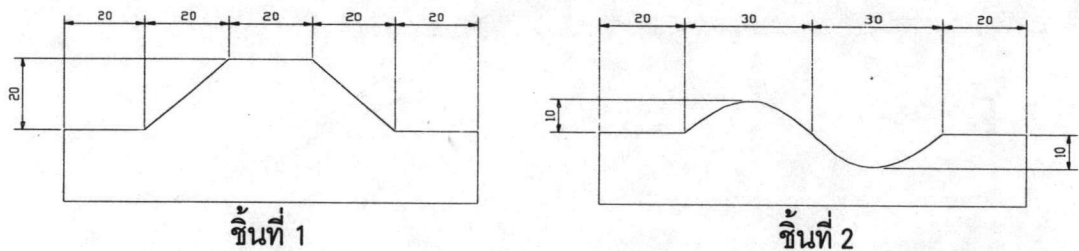
ตารางที่ 5.9 ค่าผิดพลาดของตำแหน่งและความเร็วของแกน z สำหรับทางเดินแบบ sine wave

ค่าผิดพลาดของตำแหน่ง			ค่าผิดพลาดความเร็ว	
เฉลี่ย	จุดสุดท้าย	ค่าสูงสุด	เฉลี่ย	ค่าสูงสุด
mm	mm	mm	mm/s	mm/s
0.25	0.05	0.50	1.57	10.48

2. การทดสอบการติดตามคอนทัวร์

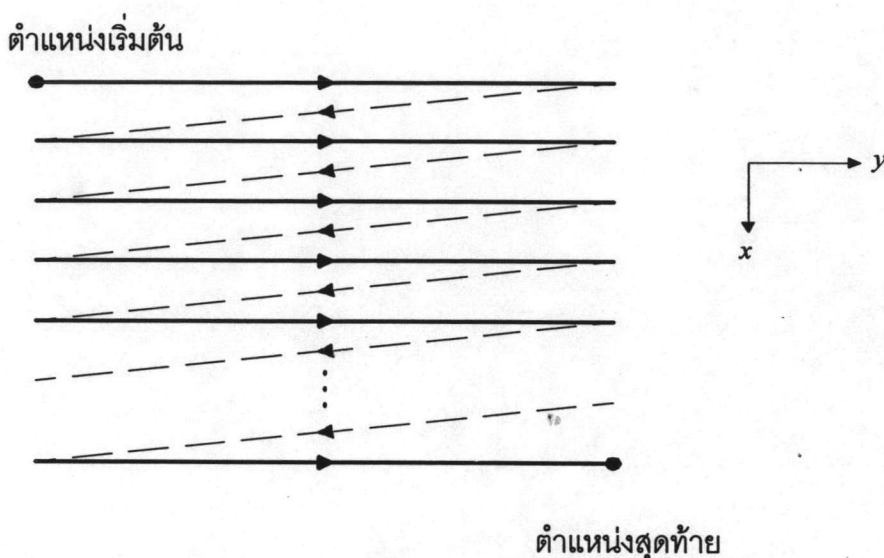
เมื่อทำการทดสอบการเคลื่อนที่ในรูปแบบพื้นฐานต่าง ๆ แล้ว การทดสอบแบบต่อไปคือการทดสอบการติดตามคอนทัวร์ของชิ้นงานทดสอบเพื่อตรวจสอบการเก็บข้อมูลและค่าผิดพลาดของข้อมูลขนาดของชิ้นงานที่วัดได้ รูปแบบในการเคลื่อนที่เพื่อเก็บข้อมูลของชิ้นงานเกิดจากการนำรูปแบบการเคลื่อนที่แบบพื้นฐานที่ผ่านไปยังข้างต้น มารวมเป็นรูปแบบที่กำหนดในการติดตามคอนทัวร์ของชิ้นงาน แต่รูปแบบต่าง ๆ ในการเคลื่อนที่สร้างไว้เพื่อควบคุมการเคลื่อนที่ในแนวแกน x และ y เท่านั้น ส่วนการเคลื่อนที่ในแนวแกน z จะเกิดจากการรักษาระยะห่างระหว่างหัววัดกับผิวของชิ้นงานหรือเกิดจากลักษณะของชิ้นงานนั่นเอง การเคลื่อนที่ในแนวแกน z จึงอาจจะไม่เป็นรูปแบบเหมือนกับการเคลื่อนที่ในแนวแกน x และ y ค่าผิดพลาดของข้อมูลของชิ้นงานจะมีมากเท่าใดขึ้นอยู่กับรักษาระยะห่างของหัววัดให้คงที่ ยิ่งรักษาระยะห่างให้คงที่มากเท่าใด ข้อมูลของชิ้นงานที่ได้ก็จะมีค่าใกล้เคียงกับขนาดจริงของชิ้นงานมากเท่านั้น

วิธีการทดสอบการติดตามคอนทัวร์ของชิ้นงาน แบ่งตามรูปแบบของการเคลื่อนที่ในแนวแกน x และ y โดยทำการทดสอบชิ้นงาน 2 ชิ้น ซึ่งมีรูปร่างของพื้นผิวต่างกัน ดังรูปที่ 5.41



รูปที่ 5.41 ชิ้นงานทดสอบ

2.1 รูปแบบทางเดินทิศทางเดียว (Uni-direction) เป็นรูปแบบที่มีการเคลื่อนที่ทิศทางเดียวทุกครั้งในการเก็บข้อมูล โดยการเคลื่อนที่แกนที่ขนานกับระนาบแกนใดแกนหนึ่งเป็นเส้นตรงจากจุดเริ่มต้นไปยังจุดปลายพร้อม ๆ กับการเก็บข้อมูลของชิ้นงาน แล้วเคลื่อนที่หัววัดกลับไปตั้งต้นที่จุดเริ่มต้นใหม่ โดยเปลี่ยนตำแหน่งในการเริ่มต้นของเส้นทางแต่ละเส้นเป็นระยะ จะทำให้พื้นที่ในการเก็บข้อมูลมีรูปร่างแบบสี่เหลี่ยม ความละเอียดของข้อมูลขึ้นอยู่กับความเร็วในการเคลื่อนที่และระยะห่างระหว่างเส้นทางเดินแต่ละเส้น

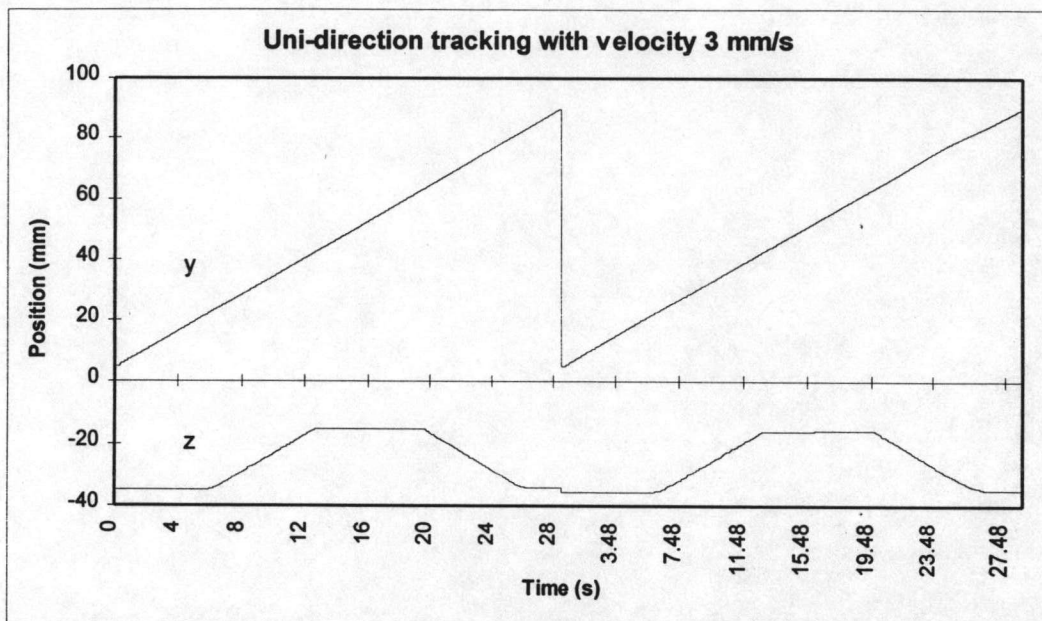


รูปที่ 5.42 รูปแบบการเคลื่อนที่แบบทิศทางเดียว

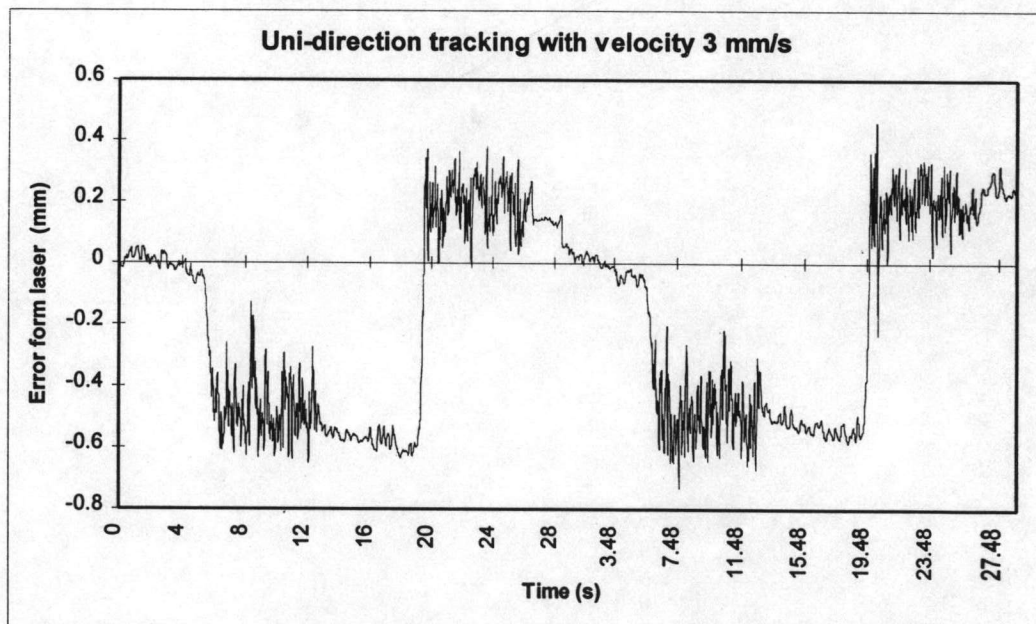
รูปที่ 5.42 แสดงรูปแบบทางเดินแบบทิศทางเดียวโดยเคลื่อนที่เก็บข้อมูลทางแกน y และเปลี่ยนระยะทางแกน x เส้นทึบแสดงเส้นทางในการเคลื่อนที่เพื่อเก็บข้อมูล เส้นประแสดงการเคลื่อนที่ไปเริ่มต้นที่ตำแหน่งใหม่โดยไม่ได้ทำการเก็บข้อมูล ผลจากการทดลองการเก็บข้อมูลด้วยรูปแบบการเคลื่อนที่แบบทิศทางเดียว แสดงดังรูปที่ 5.43 - 5.46 ดังนี้

จากรูปที่ 5.43 และ 5.45 แสดงตำแหน่งในการเคลื่อนที่ของการติดตามคอนทัวร์ของชิ้นงานทดสอบทั้ง 2 แบบ โดยเคลื่อนที่ตามแกน y ขณะทำการเก็บข้อมูล 2 รอบ จะเห็นว่าระยะทางแกน z จะมีรูปร่างตามแบบของชิ้นงานทดสอบ ตรงตำแหน่งที่มีการเริ่มต้นการเคลื่อนที่รอบที่ 2 มีระยะความสูงไม่เท่ากันเนื่องจากความไม่ไต่ระดับของชิ้นงาน เมื่อพิจารณารูปที่ 5.44 และ 5.45 ซึ่งแสดงค่าที่วัดได้จากเลเซอร์ จะเห็นว่าในช่วงที่ความชันของชิ้นงานมีค่าเป็นบวกหรือระยะความสูงมีค่ามากขึ้น ชุดเคลื่อนที่ในแนวแกน z สามารถควบคุมให้ค่าผิดพลาดอยู่ในช่วง -0.3 ถึง -0.6 มิลลิเมตร และเมื่อความชันมีค่าเป็นลบ สามารถควบคุมอยู่ในช่วง 0 ถึง 0.4 มิลลิเมตร จะเห็นว่าการสั่นในขณะที่พื้นผิวของชิ้นงานมีการเปลี่ยนแปลงระดับความสูง เนื่องจากแรงเสียดทานและน้ำหนักของระบบ เมื่อทดลองที่ความเร็วต่าง ๆ จะได้ค่าผิดพลาดของตำแหน่งที่วัดได้จากเลเซอร์ดังตารางที่ 5.10 ซึ่งมีค่ามากขึ้นเมื่อความเร็วสูงขึ้น โดยค่าผิดพลาดที่บันทึกจะคิดจากค่ากลางของค่าผิดพลาดในช่วงที่มีค่าในสภาวะคงที่ของระบบ นอกจากนี้ที่ความเร็ว 10 มิลลิเมตรต่อวินาที พบว่ามีการสั่นขณะเคลื่อนที่

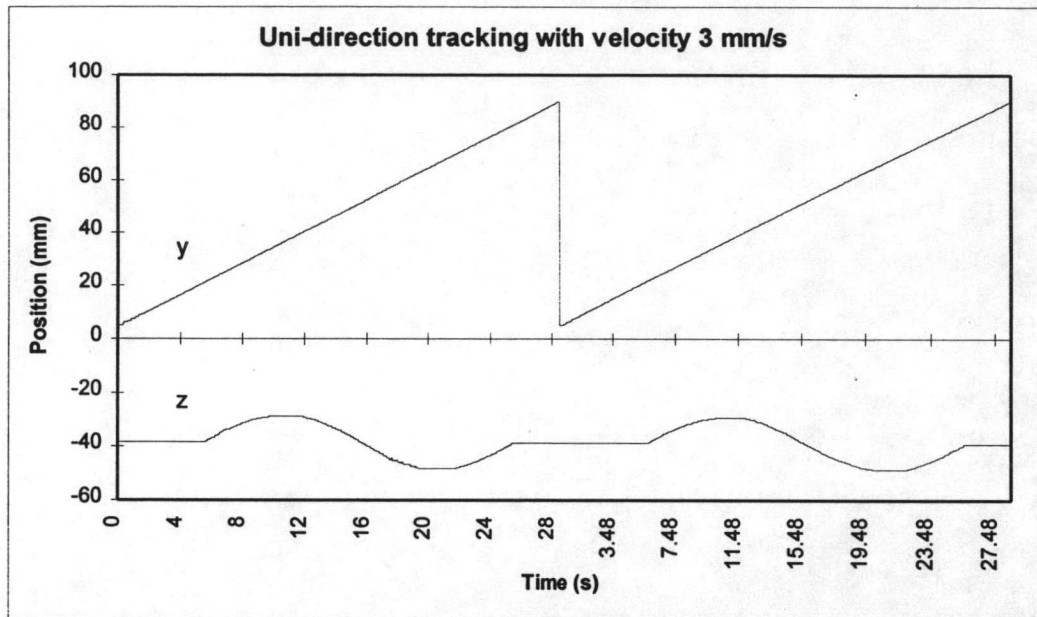
สำหรับผลการวัดด้วยเลเซอร์ในการติดตามคอนทัวร์ของชิ้นงานที่ความเร็วต่าง ๆ แสดงไว้ในภาคผนวก ข



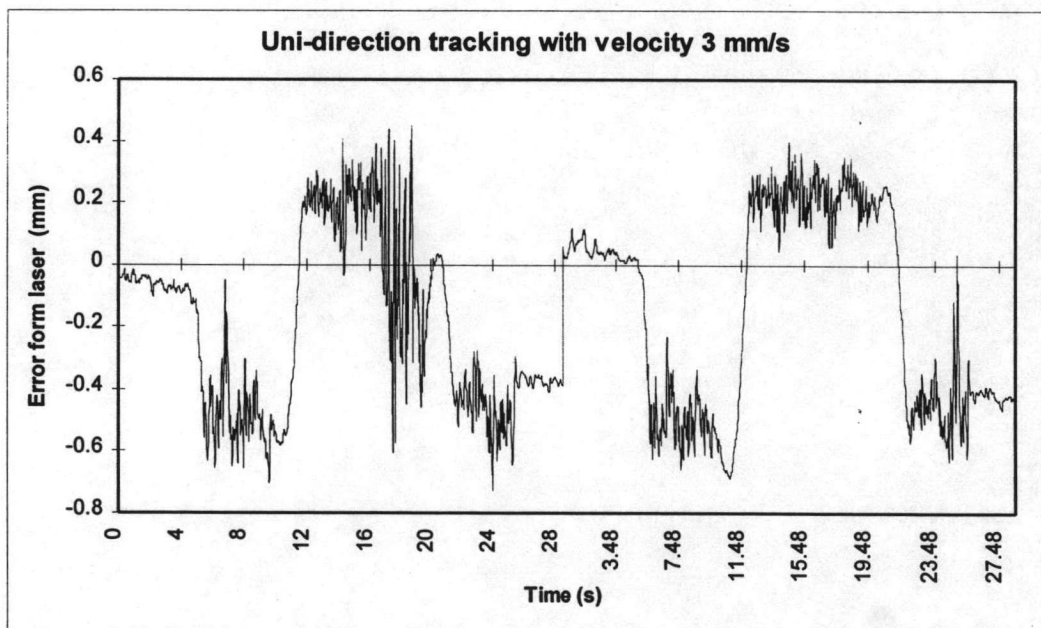
รูปที่ 5.43 ตำแหน่งของแกน y,z ของชิ้นงานชิ้นที่ 1 ในการเคลื่อนที่แบบทิศทางเดียว



รูปที่ 5.44 ค่าจากเลเซอร์ของชิ้นงานชิ้นที่ 1 ในการเคลื่อนที่แบบทิศทางเดียว



รูปที่ 5.45 ตำแหน่งของแกน y,z ของชิ้นงานชิ้นที่ 2 ในการเคลื่อนที่แบบทิศทางเดียว

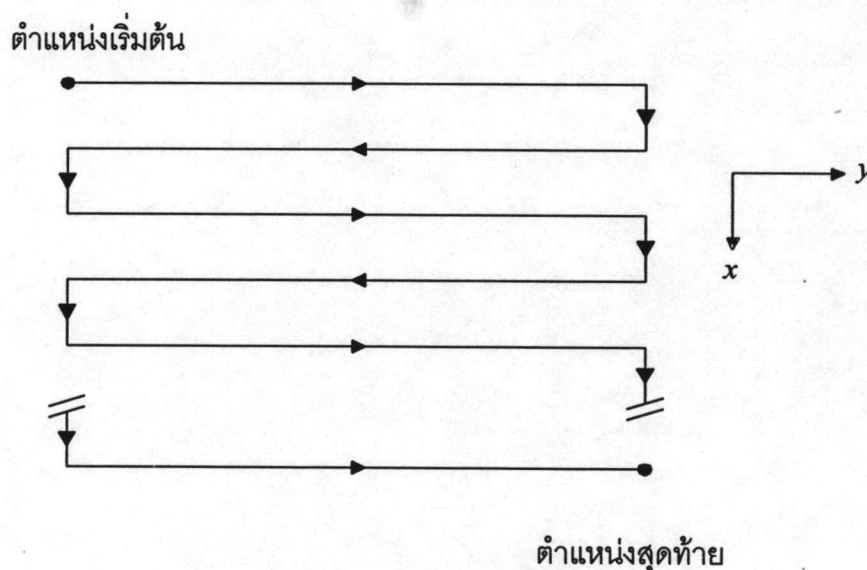


รูปที่ 5.46 ค่าจากเลเซอร์ของชิ้นงานชิ้นที่ 2 ในการเคลื่อนที่แบบทิศทางเดียว

ตารางที่ 5.10 ค่าผิดพลาดของตำแหน่งสำหรับทางเดินแบบทิศทางเดียวที่ความเร็วต่าง ๆ

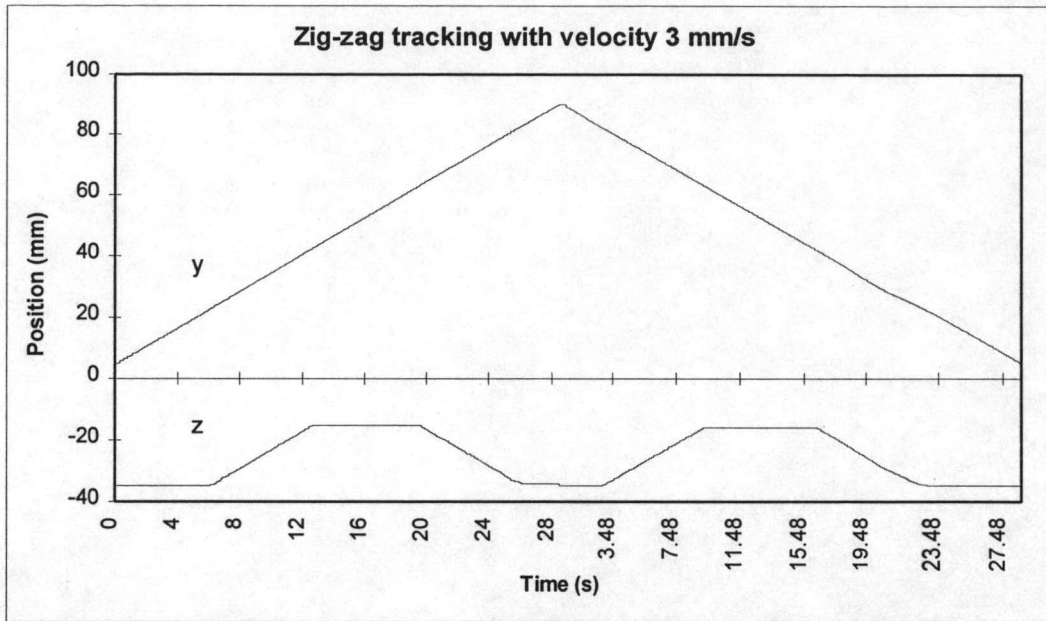
ความเร็ว (mm/s)	ค่าผิดพลาดเคลื่อนที่ขึ้น (mm)	ค่าผิดพลาดเคลื่อนที่ลง (mm)
3	0.50	0.20
5	0.50	0.30
10	0.60	0.40

2.2 รูปแบบทางเดินแบบไปกลับ (Zig-zag) จะมีรูปแบบในการเคลื่อนที่คล้ายกับการเคลื่อนที่แบบทิศทางเดียว คือมีการเคลื่อนที่ในแกนที่ขนานกับระนาบแกนใดแกนหนึ่งร่วมกับแกน z เพื่อเก็บข้อมูล แต่เมื่อถึงจุดสิ้นสุดในการเคลื่อนที่ 1 เส้นทางแล้ว จะไม่เคลื่อนไปตั้งต้นยังตำแหน่งเริ่มต้นใหม่ แต่จะใช้ตำแหน่งนั้นเป็นตำแหน่งเริ่มต้นการเคลื่อนที่เส้นทางต่อไป จึงทำให้การเคลื่อนที่มีลักษณะติดต่อกันไปมาดังรูปที่ 5.47

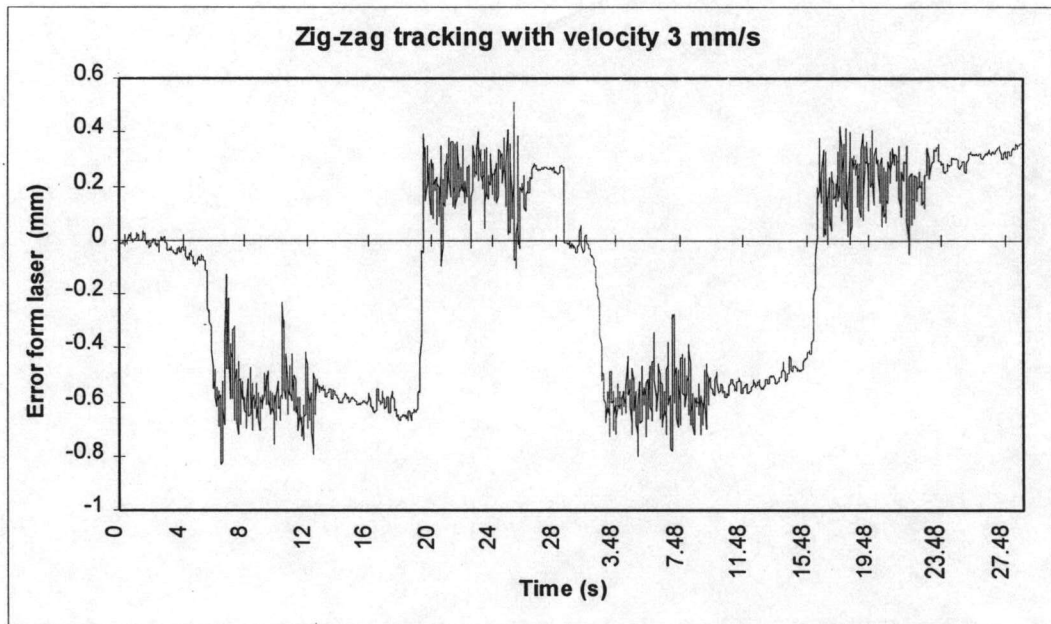


รูปที่ 5.47 รูปแบบการเคลื่อนที่แบบไปกลับ

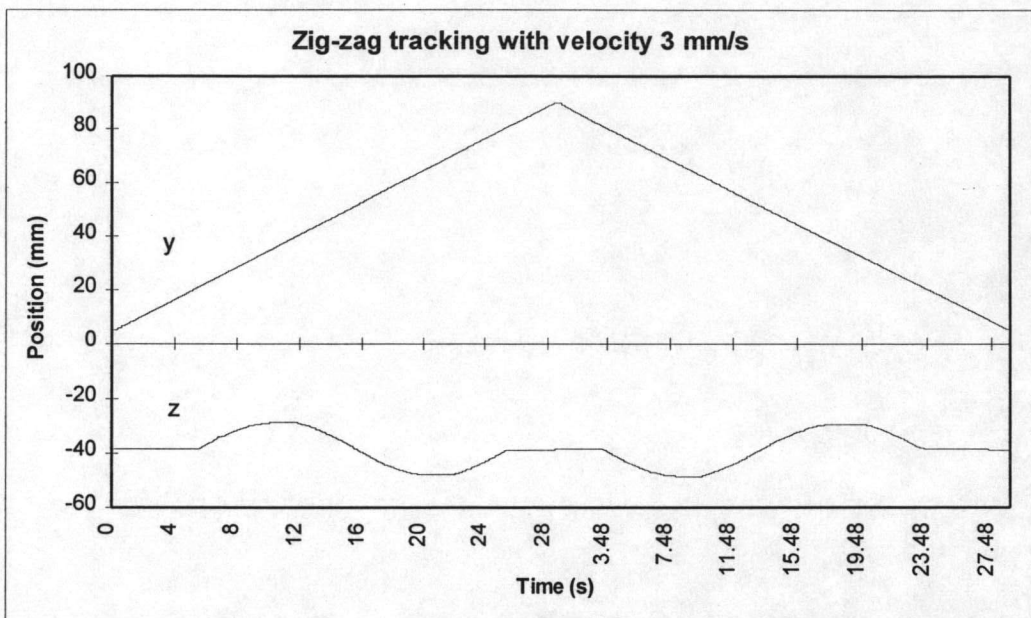
วิธีการเคลื่อนที่แบบนี้จะใช้เวลาในการเคลื่อนที่น้อยกว่ารูปแบบทิศทางเดียว เส้นทางแต่ละเส้นจะสลับกันไปมา ผลจากการทดลองแสดงดังรูปที่ 5.48 - 5.51



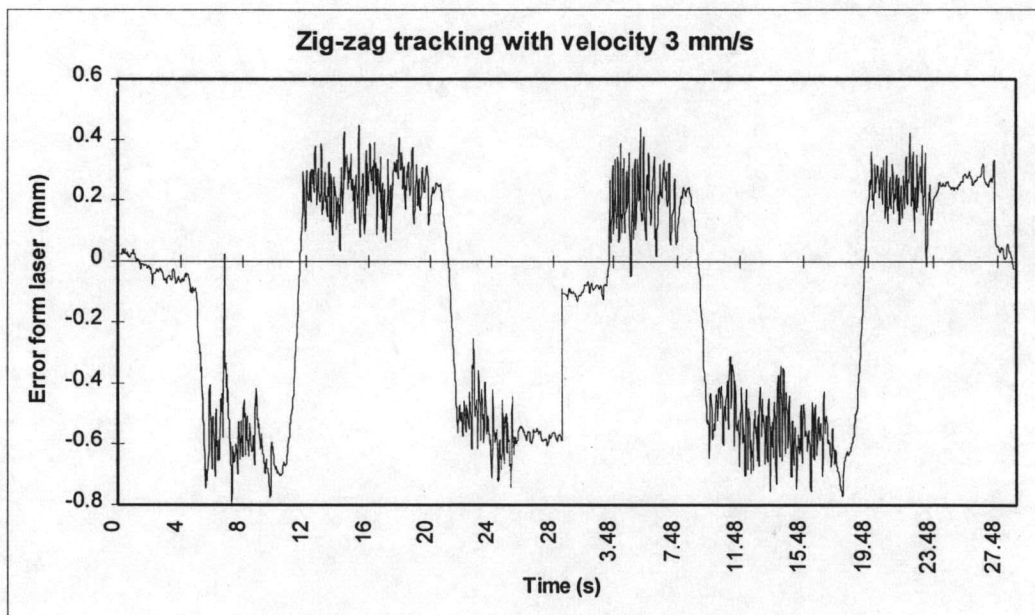
รูปที่ 5.48 ตำแหน่งของแกน y,z ของชิ้นงานชิ้นที่ 1 ในการเคลื่อนที่แบบไป-กลับ



รูปที่ 5.49 ค่าจากเลเซอร์ของชิ้นงานชิ้นที่ 1 ในการเคลื่อนที่แบบไป-กลับ



รูปที่ 5.50 ตำแหน่งของแกน y,z ของชิ้นงานชิ้นที่ 2 ในการเคลื่อนที่แบบไป-กลับ



รูปที่ 5.51 ค่าจากเลเซอร์ของชิ้นงานชิ้นที่ 2 ในการเคลื่อนที่แบบไป-กลับ

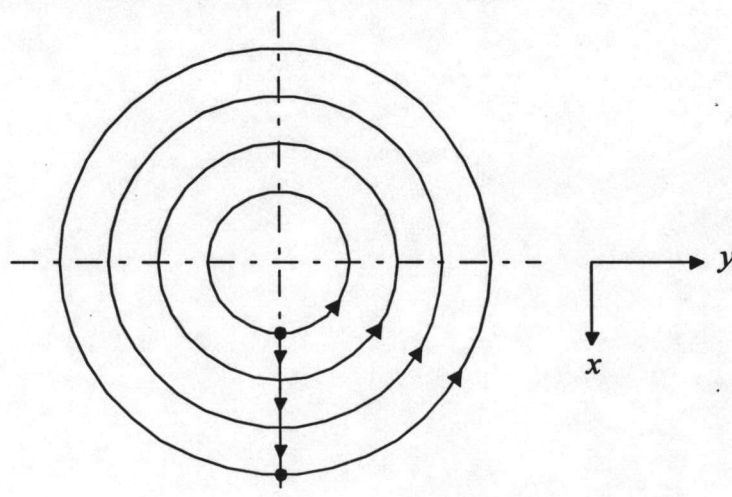
จากรูปที่ 5.48 และ 5.50 แสดงตำแหน่งในการเคลื่อนที่ที่เวลาต่าง ๆ ของแกน y และ z ในขณะที่เคลื่อนที่เก็บข้อมูลตามแกน y แบบไป-กลับ จะเห็นว่าตำแหน่งในการเคลื่อนที่ที่

เวลาต่าง ๆ จะเหมือนกับการเคลื่อนที่แบบทิศทางเดียว และค่าผิดพลาดที่ได้จากเลเซอร์ในรูปแบบที่ 5.49 และ 5.51 แสดงให้เห็นว่าค่าที่วัดได้มีลักษณะใกล้เคียงกันกับการเคลื่อนที่แบบทิศทางเดียว โดยมีค่าผิดพลาดอยู่ในช่วง -0.4 ถึง -0.65 มิลลิเมตร ในการเก็บข้อมูลของพื้นผิวที่มีความชันเป็นบวก และมีค่าอยู่ในช่วง 0 ถึง 0.4 มิลลิเมตร สำหรับพื้นผิวที่ความชันเป็นลบ เมื่อทดลองที่ความเร็วต่าง ๆ จะได้ค่าผิดพลาดของตำแหน่งที่วัดได้จากเลเซอร์ดังตารางที่ 5.11 ซึ่งมีค่ามากขึ้นเมื่อความเร็วสูงขึ้น และที่ความเร็ว 10 มิลลิเมตรต่อวินาที พบว่ามีการสั่นขณะเคลื่อนที่

ตารางที่ 5.11 ค่าผิดพลาดของตำแหน่งสำหรับทางเดินแบบไป-กลับ ที่ความเร็วต่าง ๆ

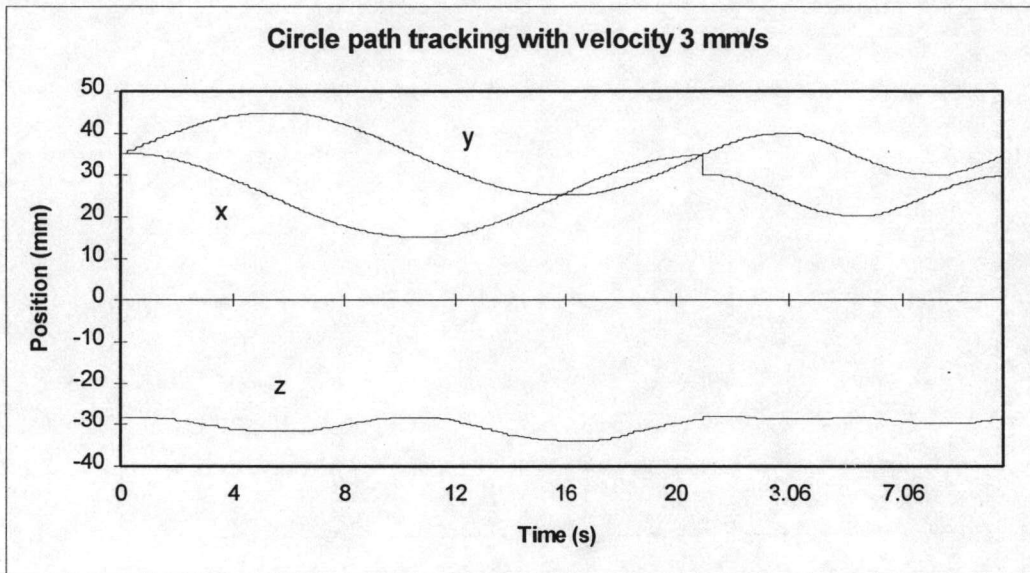
ความเร็ว (mm/s)	ค่าผิดพลาดเคลื่อนที่ขึ้น (mm)	ค่าผิดพลาดเคลื่อนที่ลง (mm)
3	0.55	0.20
5	0.60	0.35
10	0.65	0.45

2.3 รูปแบบทางเดินแบบวงกลม รูปแบบนี้เหมาะกับชิ้นงานที่มีรูปร่างคล้ายทรงกลม การเคลื่อนที่ของชุดเคลื่อนที่จะเคลื่อนไปพร้อมกันทั้ง 3 แกนขณะเก็บข้อมูล การเคลื่อนที่ในแต่ละวงจะเหมือนกับการทดสอบการเคลื่อนที่แบบวงกลมในการทดสอบแบบพื้นฐาน เมื่อเคลื่อนที่ครบ 1 รอบ จะทำการเปลี่ยนตำแหน่งในการเก็บข้อมูลโดยเปลี่ยนขนาดรัศมีของวงกลม แต่จะใช้จุดศูนย์กลางในแนวระนาบ x, y เดียวกัน ความเร็วในการเคลื่อนที่แต่ละวงจะเท่ากัน พื้นที่ในการเก็บข้อมูลจะมีรูปร่างแบบวงกลม ดังแสดงในรูปที่ 5.52

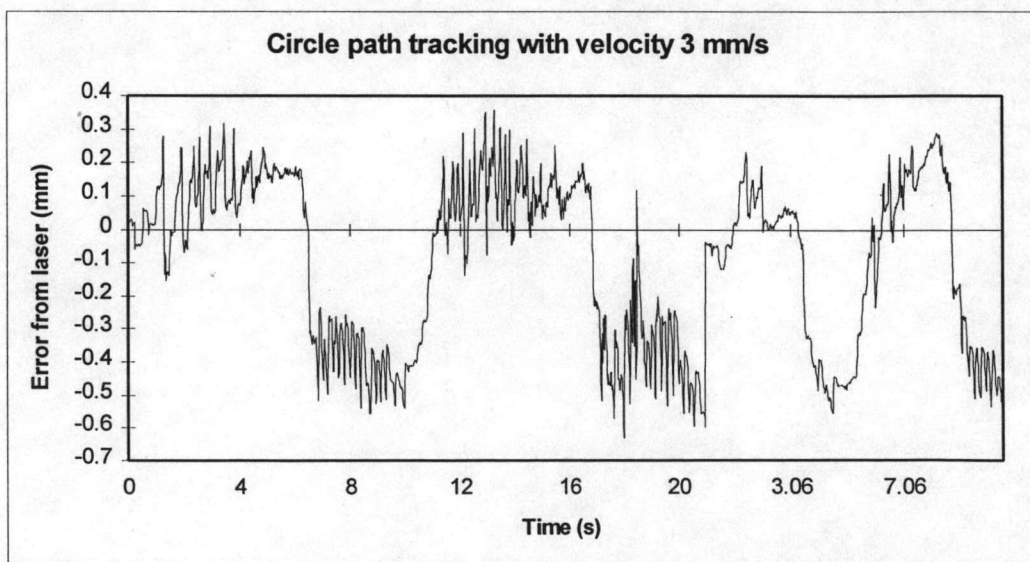


รูปที่ 5.52 รูปแบบการเคลื่อนที่แบบวงกลม

จุดเริ่มต้นของการเคลื่อนที่แบบวงกลมในแต่ละวง จะอยู่ที่ตำแหน่งสูงสุดของระยะทางแกน x และที่ตำแหน่งบนแกน y เท่ากับ 0 และสิ้นสุดการเคลื่อนที่ของแต่ละวงที่ตำแหน่งเดียวกันกับตำแหน่งเริ่มต้น จากนั้นจึงเปลี่ยนไปยังตำแหน่งเริ่มต้นของวงกลมอื่นต่อไป ผลในการทดลองเก็บข้อมูลโดยใช้รูปแบบการเคลื่อนที่แบบวงกลมแสดงไว้ในรูปที่ 5.53 - 5.54



รูปที่ 5.53 ตำแหน่งของชิ้นงานชิ้นที่ 2 ในการเคลื่อนที่แบบวงกลม



รูปที่ 5.54 ค่าจากเลเซอร์ของชิ้นงานชิ้นที่ 2 ในการเคลื่อนที่แบบวงกลม



จากรูปที่ 5.53 แสดงตำแหน่งในการเคลื่อนที่ที่เวลาต่าง ๆ แบบวงกลมในแนวแกน x และ y ขนาดรัศมี 10 มิลลิเมตรและ 5 มิลลิเมตร ที่จุดศูนย์กลางเดียวกัน ตำแหน่งของทั้ง 2 แกน จะผิดพลาดใกล้เคียงกับการทดสอบแบบพื้นฐาน พิจารณารูปที่ 5.54 จะเห็นว่า ค่าผิดพลาดจะเป็นไปในลักษณะเดียวกับรูปแบบการเคลื่อนที่ที่ผ่านไป ค่าผิดพลาดจะอยู่ในช่วง 0 ถึง 0.3 มิลลิเมตร เมื่อความชันมีค่าเป็นลบ และอยู่ในช่วง -0.2 ถึง -0.6 มิลลิเมตรเมื่อความชันมีค่าเป็นบวก แสดงให้เห็นว่ารูปแบบการเคลื่อนที่ไม่มีผลต่อการควบคุมระยะห่างระหว่างหัววัดกับผิวชิ้นงานในแนวแกน z จากตารางที่ 5.12 ซึ่งแสดงค่าผิดพลาดของระยะห่างระหว่างหัววัดกับผิวของชิ้นงานที่ได้จากเลเซอร์ที่ความเร็วในการเคลื่อนที่ 3 และ 5 มิลลิเมตรต่อวินาที จะเห็นว่าค่าผิดพลาดสูงสุดจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อความเร็วสูงขึ้น ส่วนค่าเฉลี่ยที่ความเร็ว 5 มิลลิเมตรต่อวินาทีจะน้อยกว่าค่าเฉลี่ยที่ 3 มิลลิเมตรต่อวินาที เนื่องจากที่ความเร็วสูงจะเกิดการสั่นในบางช่วงจึงทำให้ค่าผิดพลาดมีการแกว่งไปมา

ตารางที่ 5.12 ค่าผิดพลาดของตำแหน่งสำหรับทางเดินแบบวงกลม ที่ความเร็วต่าง ๆ

ความเร็ว (mm/s)	ค่าผิดพลาดเคลื่อนที่ขึ้น (mm)	ค่าผิดพลาดเคลื่อนที่ลง (mm)
3	0.40	0.20
5	0.50	0.30
10	0.60	0.40

2.4 รูปแบบทางเดินจากโปรแกรม ACAD เป็นการนำเอารูปแบบการเคลื่อนที่ที่สร้างขึ้นจากโปรแกรม ACAD มาใช้เป็นทางเดินในการเก็บข้อมูล วิธีนี้จะสามารถสร้างรูปแบบได้ตามต้องการ ข้อดีของการใช้รูปแบบจากโปรแกรมนี้นี้คือสามารถกำหนดบริเวณที่จะทำการเก็บข้อมูลได้ดี ในกรณีที่ต้องการเก็บข้อมูลของชิ้นงานบางส่วนให้ละเอียดหรือมากกว่าส่วนอื่น และสามารถสร้างรูปแบบที่เหมาะสมกับชิ้นงานได้ดีกว่า ในกรณีที่รูปร่างของชิ้นงานมีลักษณะอื่นที่ไม่เป็นไปตามรูปแบบทั่วไป

ข้อจำกัดของอุปกรณ์

จากการทดสอบการทำงานพบว่า เครื่องติดตามคอนทัวร์ยังมีข้อจำกัดในการทำงานอีกหลายอย่างดังนี้

1. ไม่สามารถวัดชิ้นงานที่มีรูปร่างซับซ้อนมาก ๆ
2. ไม่สามารถวัดชิ้นงานที่มีความชันของพื้นผิวมาก ๆ
3. ไม่สามารถวัดชิ้นงานที่ไม่มีความต่อเนื่องของพื้นผิว
4. ไม่สามารถวัดชิ้นงานที่มีพื้นผิวเป็นลักษณะ มันวาว เช่น โลหะ กระจก
5. ไม่สามารถวัดชิ้นงานที่มีสีดำ หรือสีที่ค่อนข้างทึบแสงมาก ๆ

ข้อจำกัดที่เกิดขึ้นเกือบทั้งหมดจะมาจากข้อจำกัดของอุปกรณ์วัดแบบเลเซอร์ เนื่องจากมีช่วงการวัดจำกัด เพียง ± 3 มิลลิเมตร และไม่สามารถใช้กับพื้นผิวของชิ้นงานบางชนิดได้ จากการทดสอบการวัดชิ้นงานที่มีพื้นผิวเอียง พบว่า จุดเคลื่อนที่ในแนวแกน z ซึ่งควบคุมระยะห่างระหว่างหัววัดกับพื้นผิวชิ้นงานจะเกิดการสั่น เพราะความเข้มของแสงจากเลเซอร์ที่สะท้อนกลับมาจากผิวของชิ้นงานมีค่าไม่คงที่