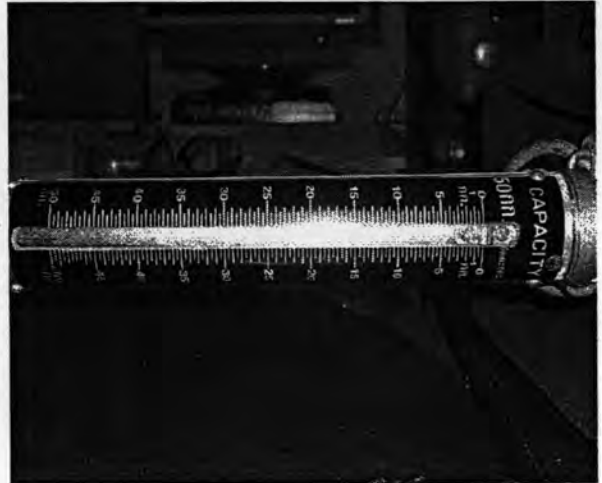


## บทที่ 6 การทดสอบเครื่องดึงกระดูกสันหลัง

สำหรับการทดสอบการควบคุมแรงดึงของเครื่องดึงกระดูกสันหลังนั้น ได้ใช้หุ่นจำลอง และสปริงดึงตาชั่งในการทดสอบ ดังรูปที่ 6.1 และ 6.2



รูปที่ 6.1 แบบจำลองทดสอบแรงดึงเขือก

รูปที่ 6.2 สปริงที่ใช้ในการทดสอบ

สำหรับการทดสอบการควบคุมแรงดึงของเครื่องดึงกระดูกสันหลังได้แบ่งการทดสอบออกเป็น 2 แบบด้วยกัน โดยแบ่งตามลักษณะของการดึง ดังนี้

1. ดึงแบบต่อเนื่อง (Continuous) โดยการดึงแบบต่อเนื่องนี้ได้มีการทดสอบกำหนดเวลาเพื่อให้แรงดึงเขือกตามถึงค่าของแรงดึงเขือกค้างภายในเวลาที่กำหนด
2. ดึงแบบต่อเนื่องแบบมีการรบกวน (Continuous with disturbance)
3. ดึงแบบเป็นขั้น (Multistep)

### 6.1 ดึงแบบต่อเนื่อง (Continuous mode)

สำหรับการดึงแบบต่อเนื่องนั้น ได้ทำการทดสอบเป็น 2 ลักษณะ คือ ไม่มีการรบกวน และแบบมีการรบกวน โดยได้ทำการทดสอบที่แรงดึงเขือก 10,15 และ 20 กิโลกรัม แล้วนำมาเขียนกราฟเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับแรงดึงเขือกอ้างอิงและแรงดึงเขือกตาม และเวลากับค่าความผิดพลาดของแรงดึงเขือก

โดยค่าความผิดพลาดของแรงดึงเขือกมีความสัมพันธ์ดังความสัมพันธ์ดังสมการข้างล่าง

$$e_T = T_{Track} - T_{Ref}$$

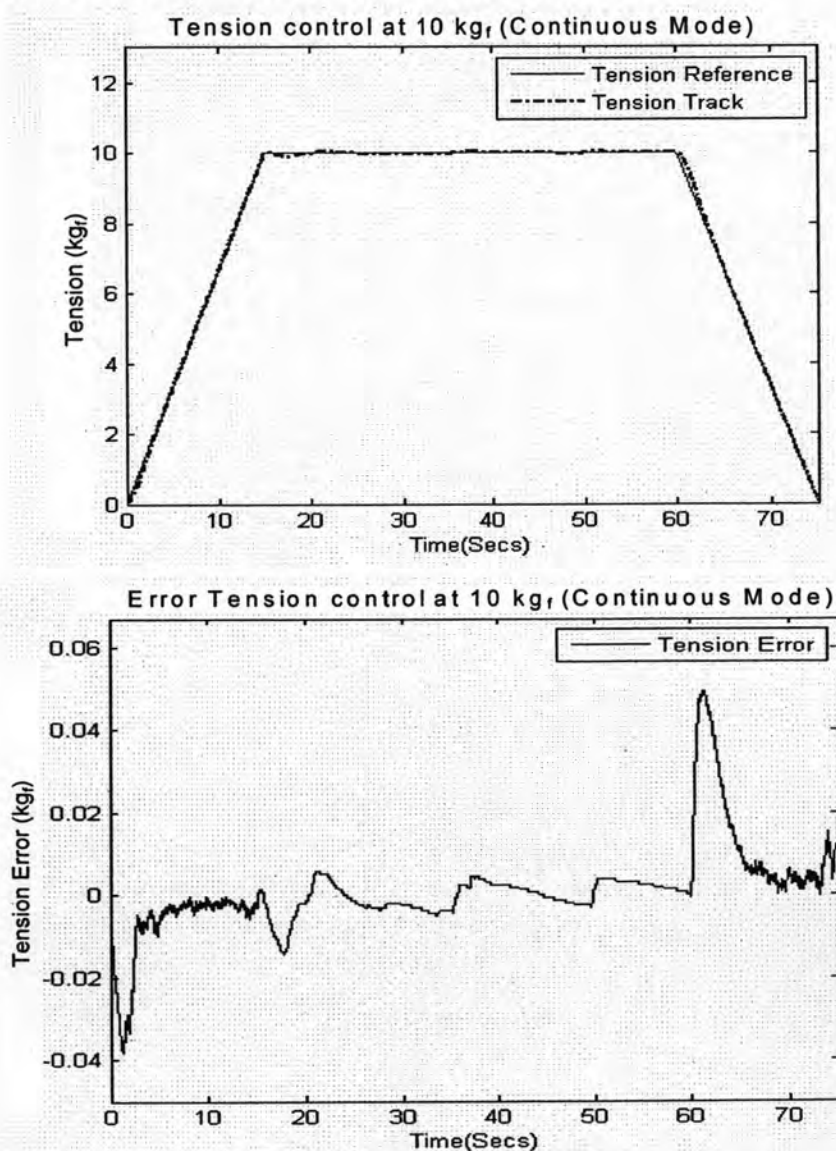
โดยที่  $e_T$  คือ ค่าความผิดพลาดของแรงดึงเขือก ( $kg_f$ )

$T_{Track}$  คือ แรงดึงเขือกตาม ( $kg_f$ )

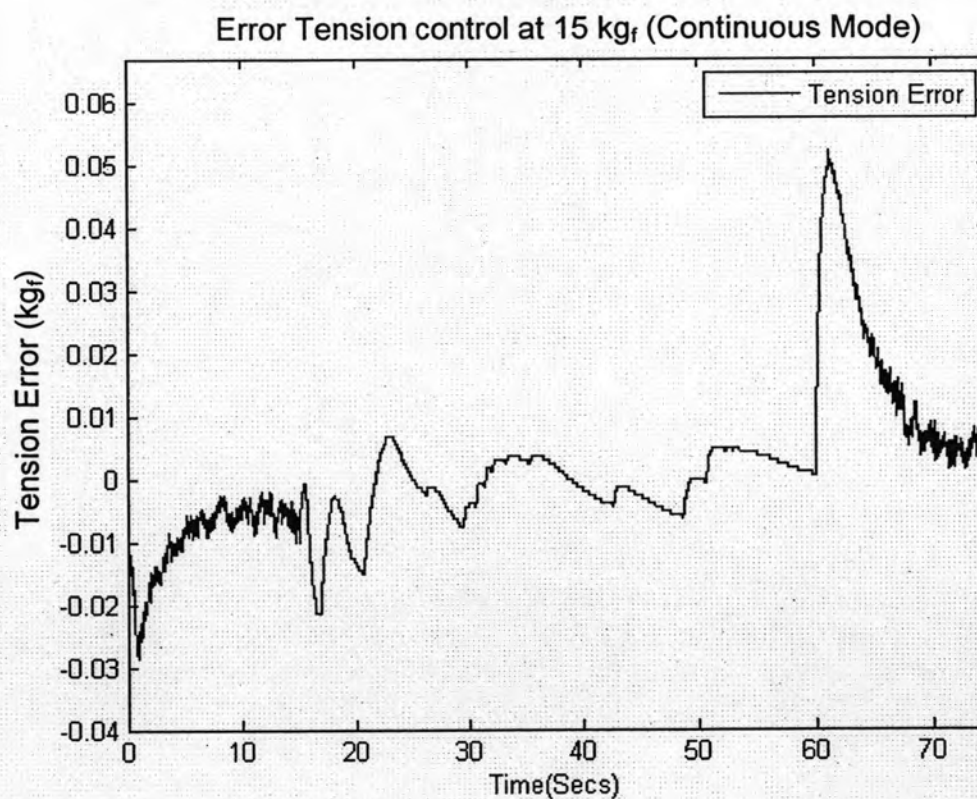
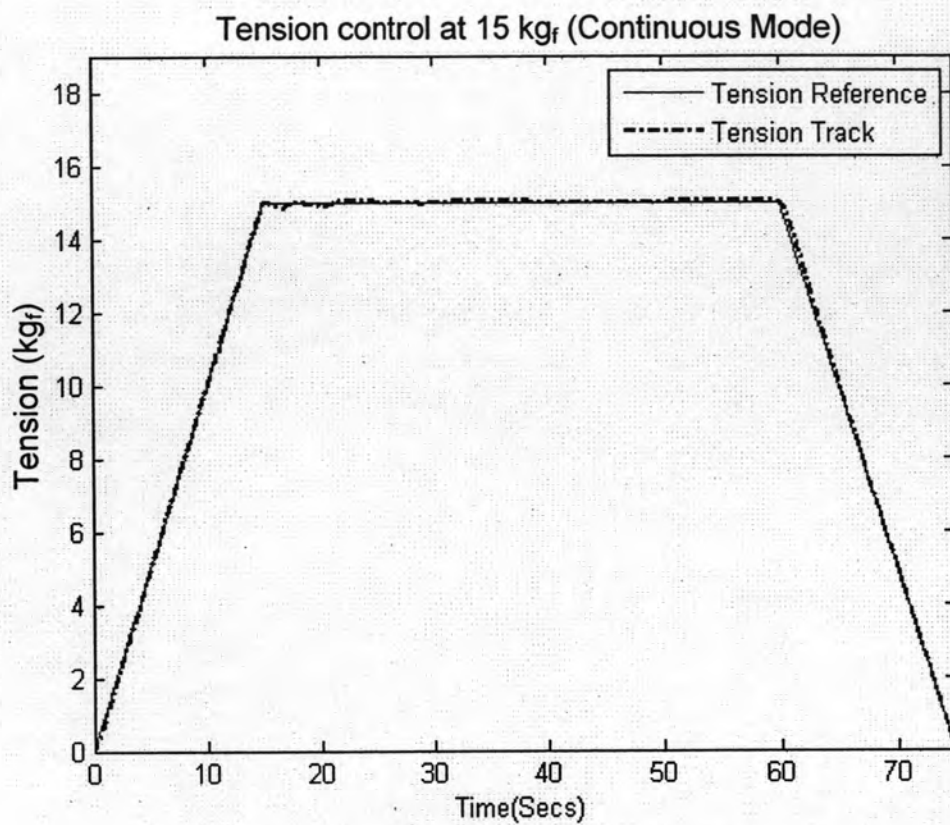
$T_{Ref}$  คือ แรงดึงเขือกอ้างอิง ( $kg_f$ )

โดยการกำหนดค่าต่างๆสำหรับการตั้งแบบต่อเนื่องนั้น จะทำการกำหนด 3 ค่าด้วยกัน คือ ค่าแรงดึงค้าง (hold force) เวลาที่ใช้ในการตั้งค้าง (hold time) และ เวลาที่ใช้ในการเริ่มดึง จนถึงค่าของแรงดึงค้าง (rise time)

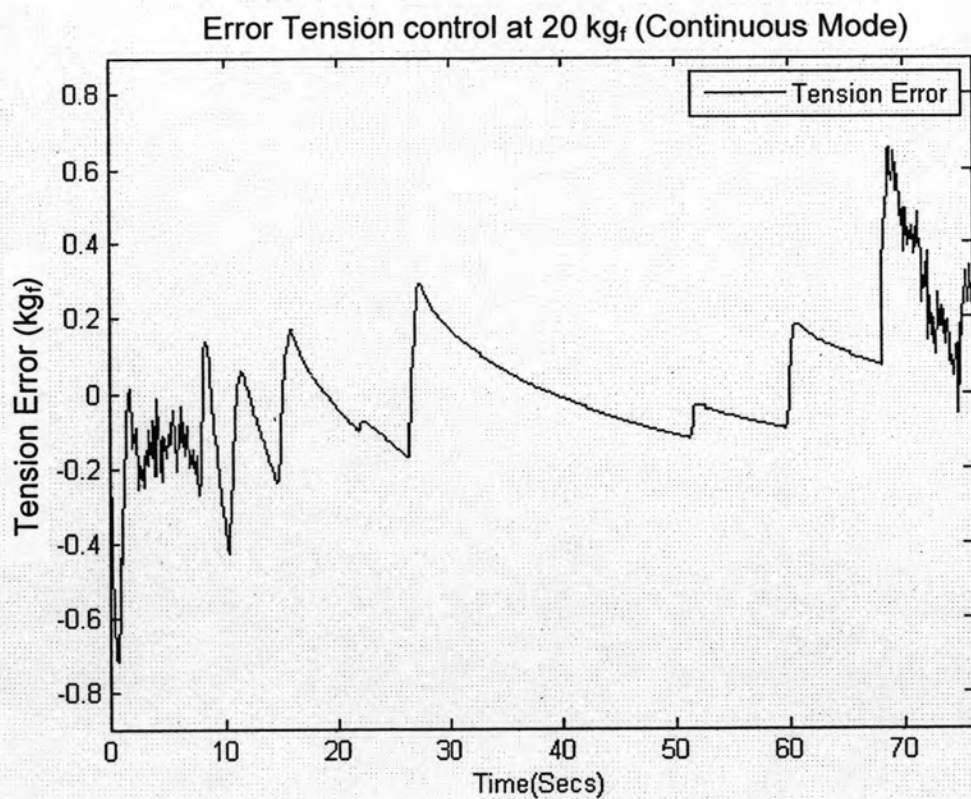
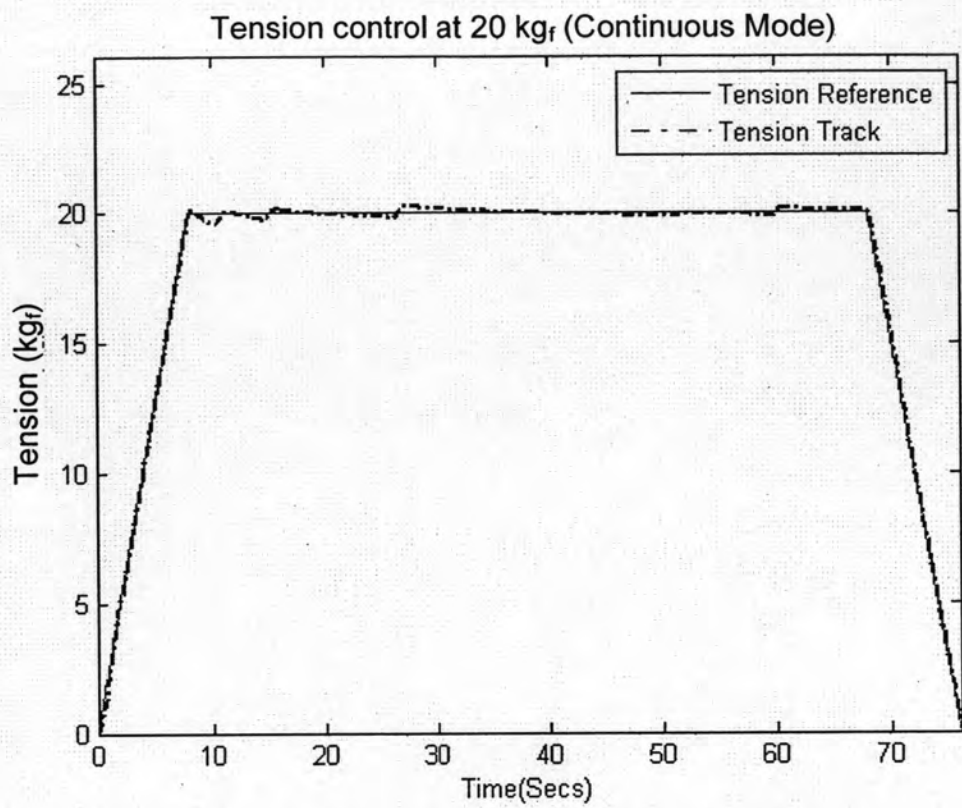
สำหรับในกรณีที่ 1 เมื่อสั่งให้แรงดึงเชือกดึงถึง 10,15 และ 20 กิโลกรัม โดยที่ 10 และ 15 กิโลกรัมได้กำหนดให้ถึงค่าแรงดึงค้างภายในเวลา 15 วินาที สำหรับ 20 กิโลกรัมได้กำหนดไว้ที่ 10 วินาที แล้วทำการตั้งค้างไว้เป็นเวลา 55 วินาที จากรูปที่ 6.3 จะเห็นได้ว่าแรงดึงเชือกที่เวลาต่างๆ นั้นใกล้เคียงกับแรงดึงเชือกอ้างอิงได้ดี โดยสังเกตได้จากกราฟแสดงความผิดพลาดของแรงดึงเชือกที่อยู่ทางด้านขวา จะเห็นได้ว่าค่าความผิดพลาดสูงสุดไม่เกิน 0.06 กิโลกรัม สำหรับดึง 10 และ 15 กิโลกรัม สำหรับ 20 กิโลกรัม จะมีค่าความผิดพลาดไม่เกิน 0.8 กิโลกรัม การแก้ไขนั้นสามารถพอจะปรับปรุงให้ดีขึ้นได้โดยปรับค่าเกนของตัวควบคุมแบบ PID หรือ อาจจะต้องใช้ตัวควบคุมที่มีความสลับซับซ้อนมากขึ้น



รูปที่ 6.3 ผลการทดสอบที่แรงดึงเชือก 10 กิโลกรัมและค่าความผิดพลาด (15 วินาที)

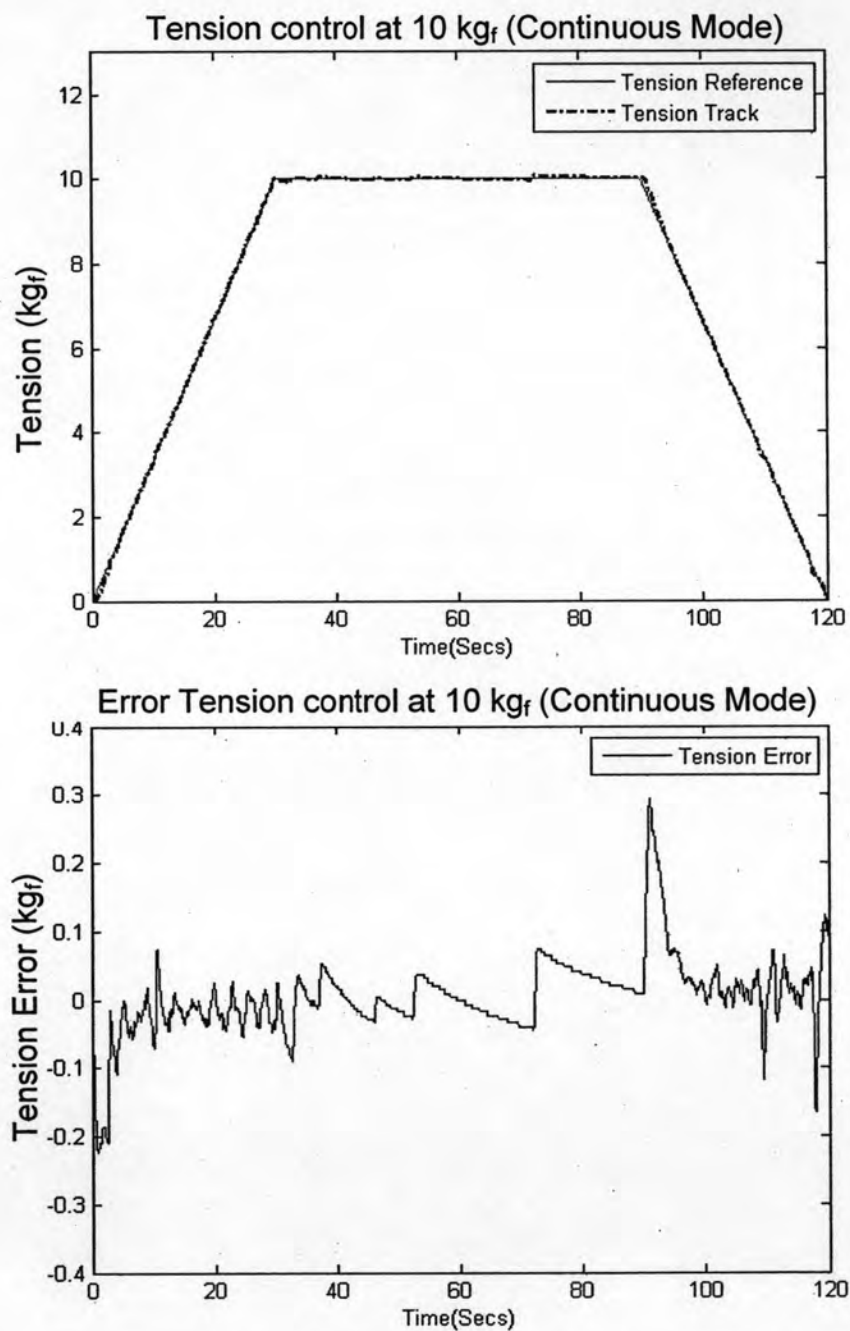


รูปที่ 6.4 ผลการทดสอบที่แรงดึงเชือก 15 กิโลกรัมและค่าความผิดพลาด (15 วินาที)

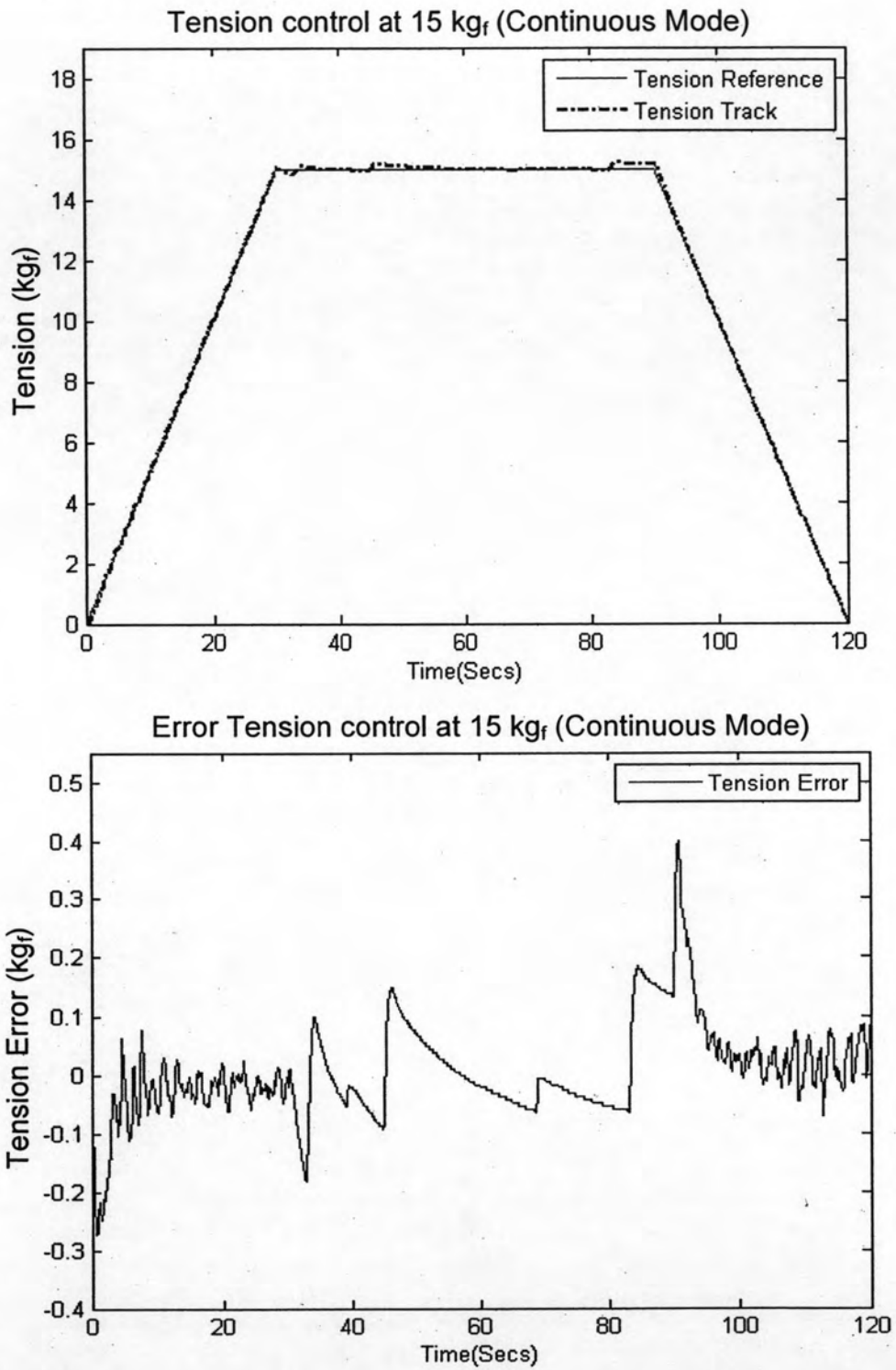


รูปที่ 6.5 ผลการทดสอบที่แรงดึงเชือก 20 กิโลกรัมและค่าความผิดพลาด (10 วินาที)

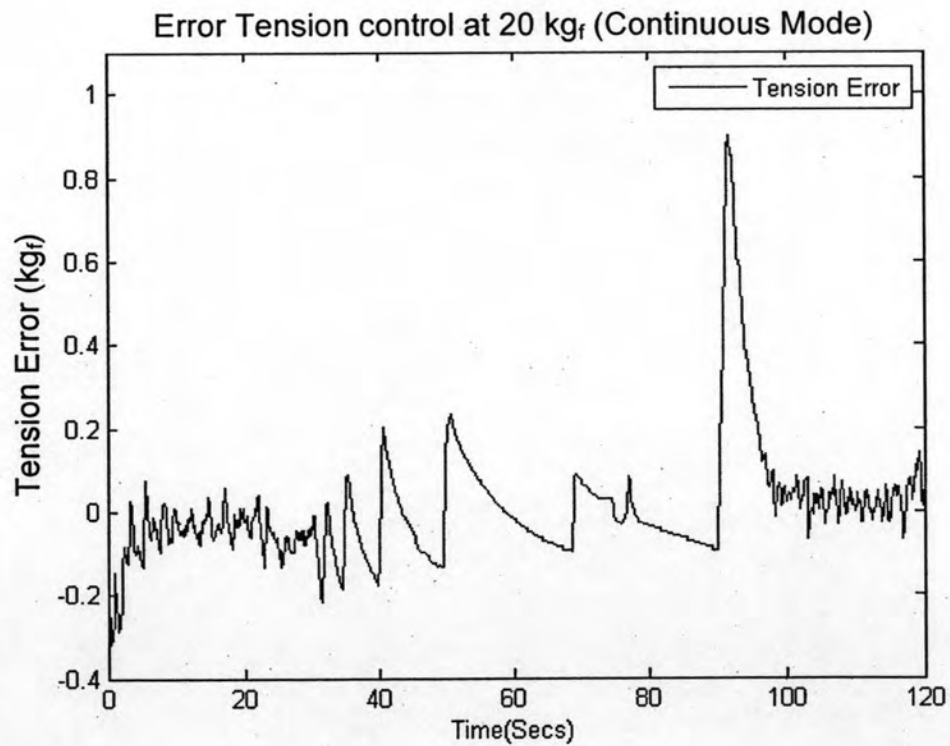
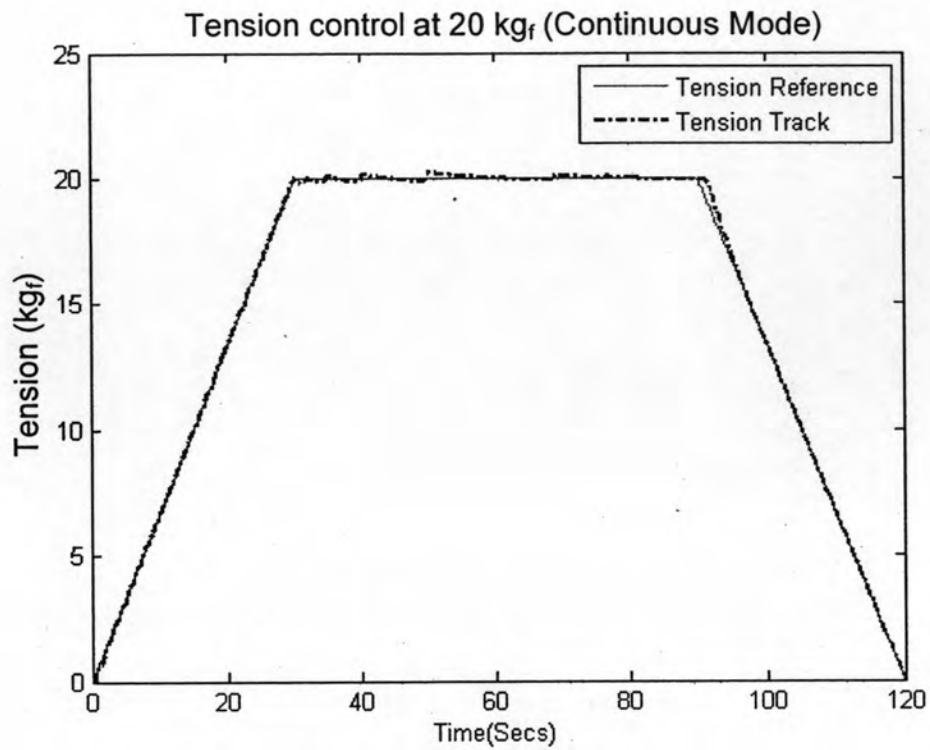
สำหรับในกรณีที่ 2 เมื่อสั่งให้แรงดึงเชือกดึงถึง 10,15,20 และ 25 กิโลกรัม โดยได้กำหนดให้ถึงค่าแรงดึงค้างภายในเวลา 30 วินาที แล้วดึงค้างไว้เป็นเวลา 60 วินาที การดึงที่ 10 และ 15 กิโลกรัม จะเห็นได้ว่าแรงดึงเชือกที่เวลาต่างๆ นั้นใกล้เคียงกับแรงดึงเชือกอ้างอิงได้ดี โดยจะเห็นได้ว่าค่าความผิดพลาดของแรงดึงเชือกไม่เกิน 0.4 กิโลกรัม แต่สำหรับการดึงที่ 20 และ 25 กิโลกรัม จะมีค่าความผิดพลาดไม่เกิน 0.9 กิโลกรัมการแก้ไขนั้นสามารถพอจะปรับปรุงให้ดีขึ้นได้โดยปรับค่าเกนของตัวควบคุม



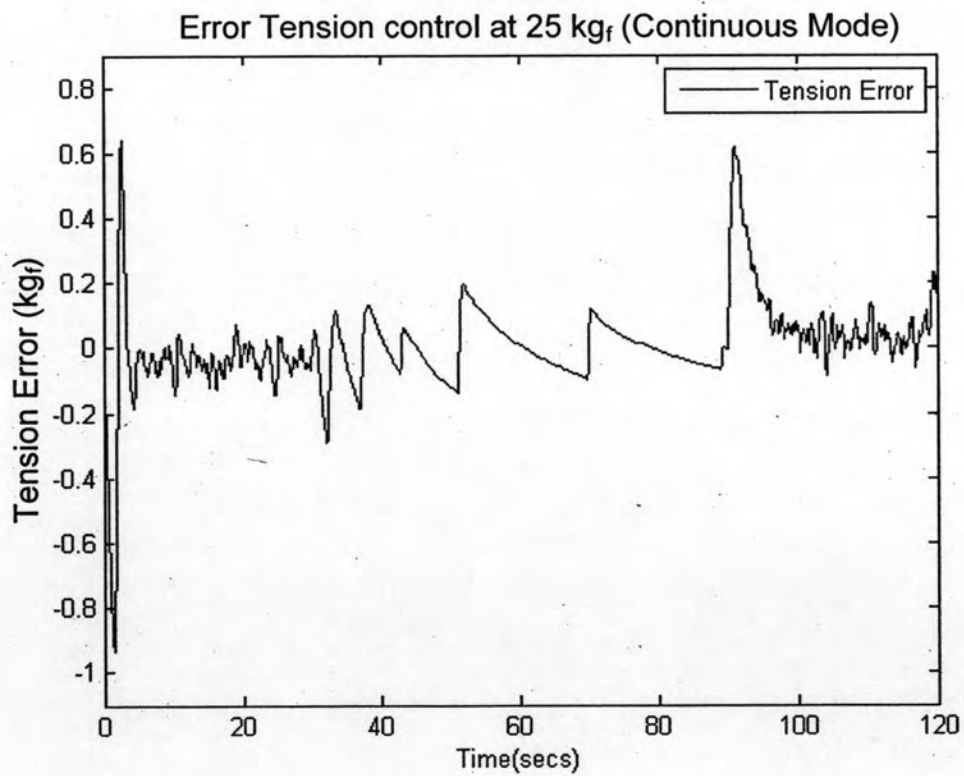
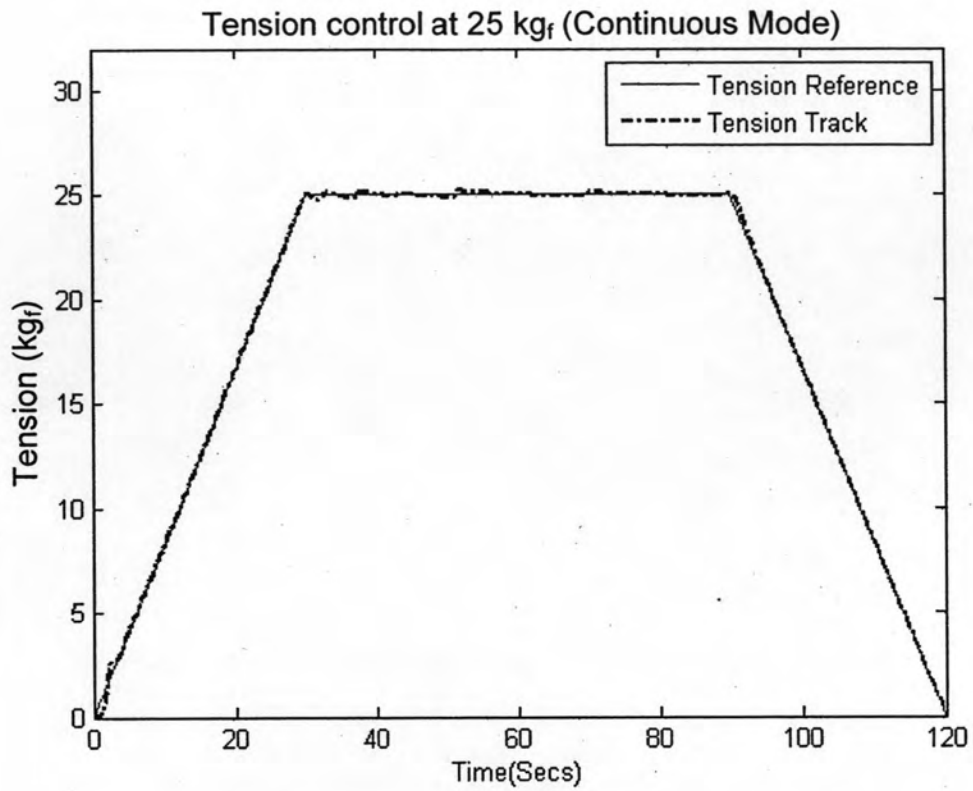
รูปที่ 6.6 ผลการทดสอบที่แรงดึงเชือก 10 กิโลกรัมและค่าความผิดพลาด (30 วินาที)



รูปที่ 6.7 ผลการทดสอบที่แรงดึงเชือก 15 กิโลกรัมและค่าความผิดพลาด (30 วินาที)



รูปที่ 6.8 ผลการทดสอบที่แรงดึงเชือก 20 กิโลกรัมและค่าความผิดพลาด (30 วินาที)

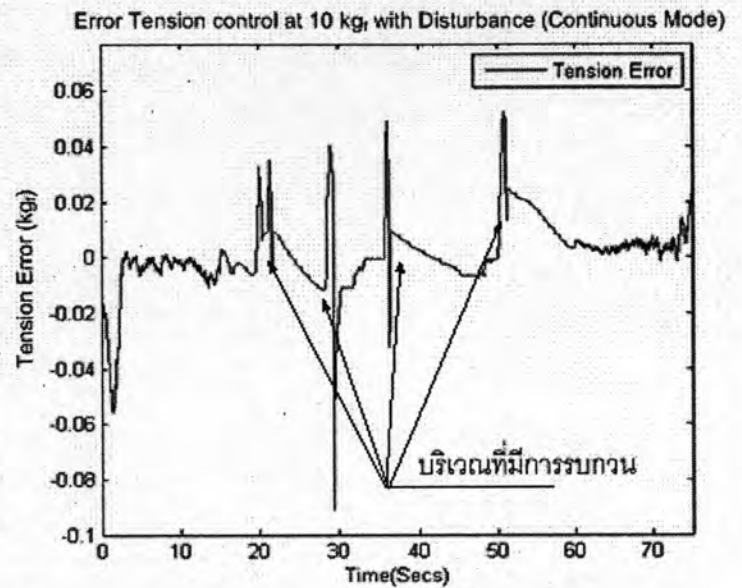
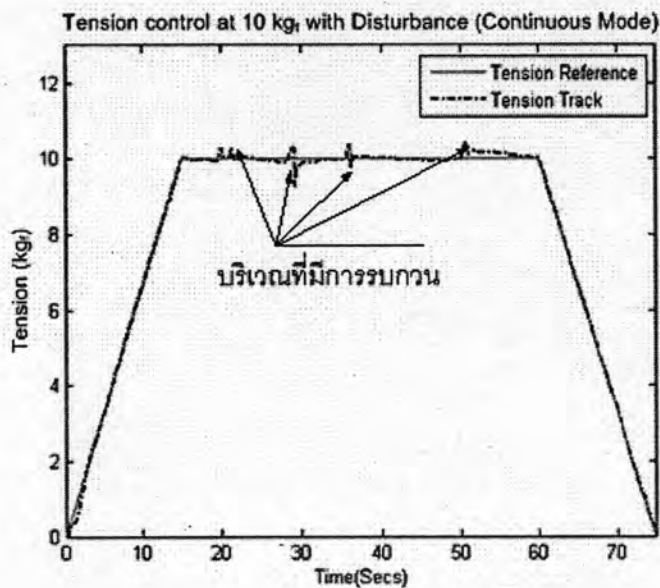


รูปที่ 6.9 ผลการทดสอบที่แรงดึงเชือก 25 กิโลกรัมและค่าความผิดพลาด (30 วินาที)

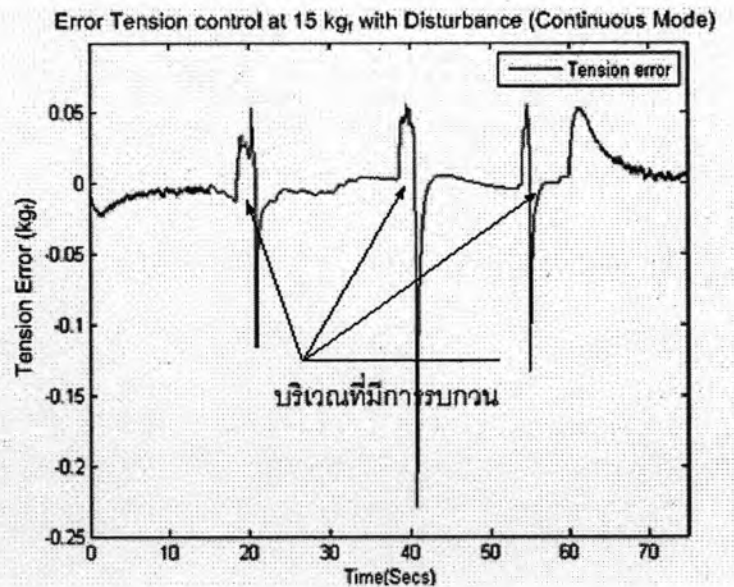
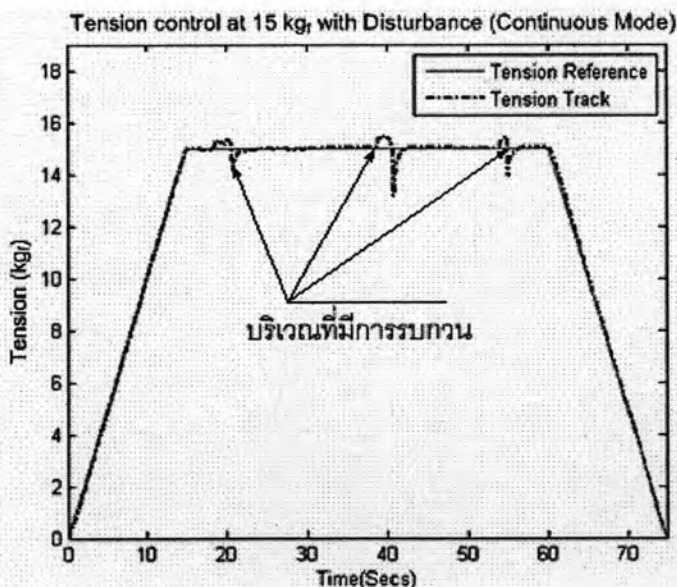


## 6.2 ดึงแบบต่อเนื่องแบบมีการรบกวน (Continuous mode with disturbance)

เป็นการทดสอบแรงดึงที่ 10 และ 15 กิโลกรัม เมื่อมีการดึงรบกวนเส้นเชือกเป็นช่วงๆ ผลปรากฏว่าการควบคุมแรงดึงเชือกค่อนข้างมีเสถียรภาพเพราะแรงดึงเชือกตามสามารถกลับมายังตำแหน่งแรงดึงเชือกอ้างอิงได้และจะเห็นได้ว่ามีค่าความผิดพลาดในการดึงสูงสุดไม่เกิน 0.3 กิโลกรัม



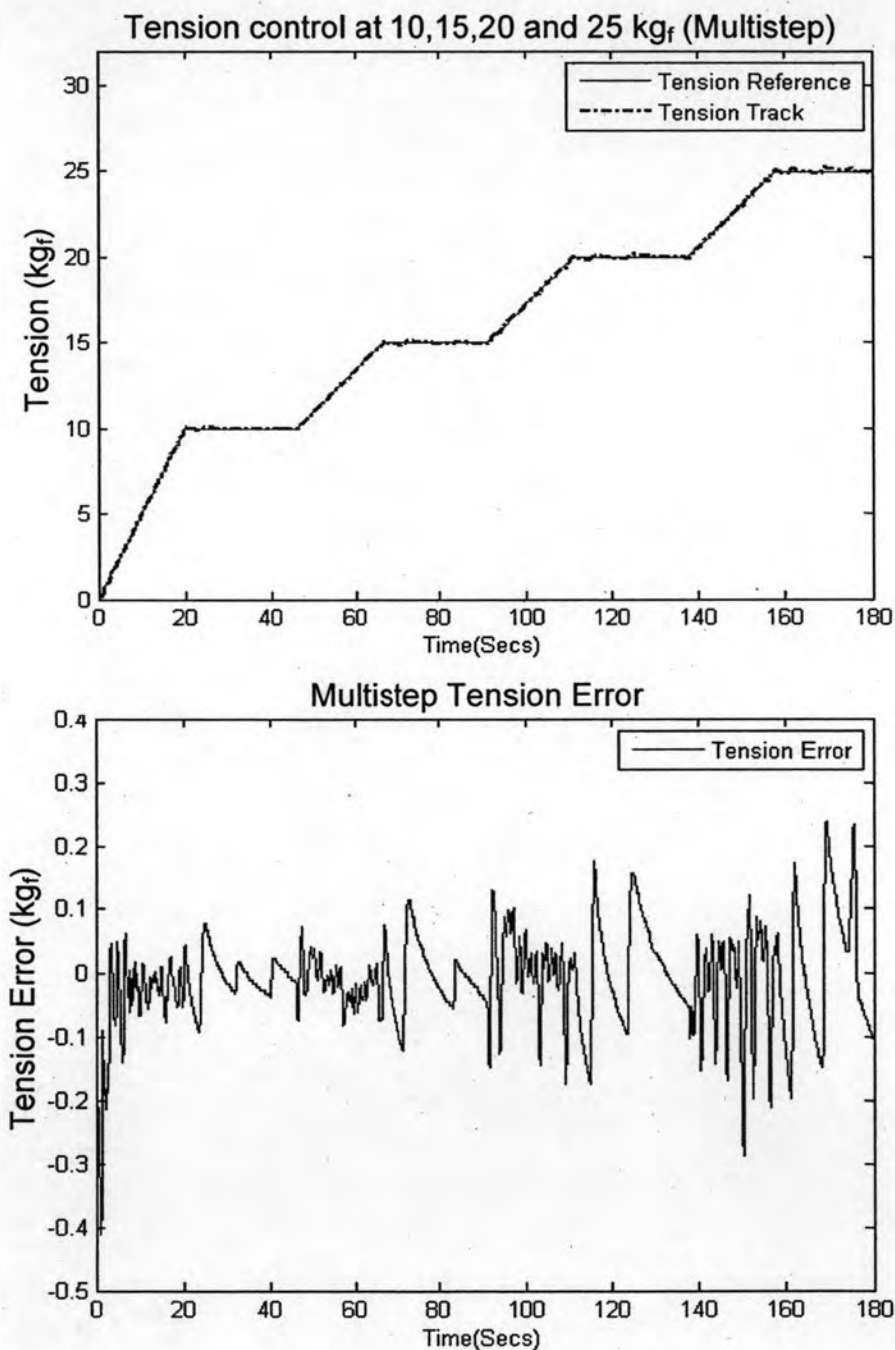
รูปที่ 6.10 ผลการทดสอบที่แรงดึงเชือก 10 กิโลกรัมและค่าความผิดพลาด (มีการรบกวน)



รูปที่ 6.11 ผลการทดสอบที่แรงดึงเชือก 15 กิโลกรัมและค่าความผิดพลาด (มีการรบกวน)

### 6.3 ดึงแบบเป็นขั้น (Multistep)

เป็นการทดสอบแรงดึงเชือกแบบหลายขั้นในการทดลองเดียวกันเพื่อที่จะทำการศึกษาว่าการเปลี่ยนแรงดึงเชือกอ้างอิงมีผลต่อการตอบสนองของแรงดึงเชือกตามอย่างไรบ้าง ผลปรากฏว่าการตอบสนองของแรงดึงเชือกตามที่มาจากการเปลี่ยนแปลงของแรงดึงเชือกอ้างอิงสามารถตอบสนองได้เป็นอย่างดี โดยจากรูปที่ 6.12 จะเห็นได้ว่าค่าความผิดพลาดของแรงดึงเชือกสูงสุดมีค่าไม่เกิน 0.5 กิโลกรัม



รูปที่ 6.12 ผลการทดสอบแรงดึงเชือกและค่าความผิดพลาด (แบบหลายขั้น)