# บทที่ 5

# การออกแบบและสร้างซอฟต์แวร์

## 5.1 เป้าหมายของซอฟต์แวร์

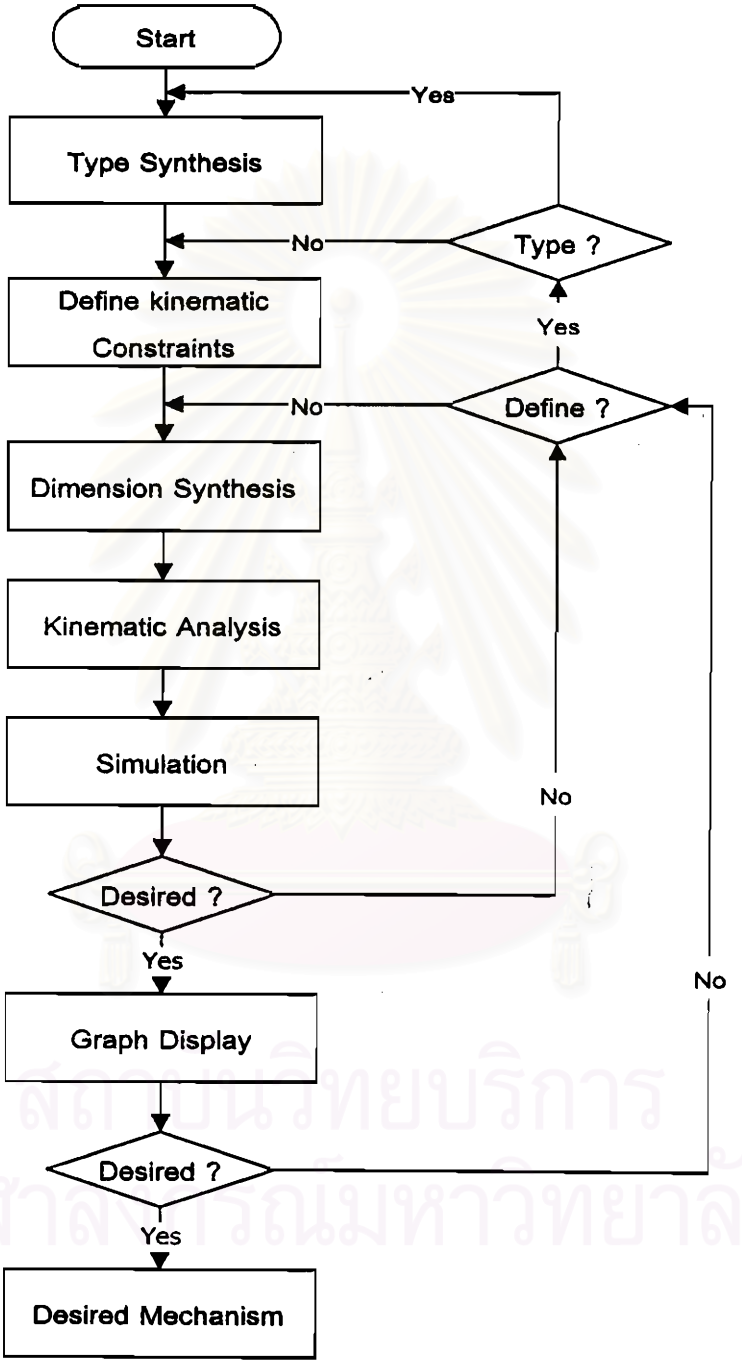
ในงานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาซอฟต์แวร์ เพื่อใช้ร่วมกับซอฟต์แวร์ออโตแคด (AutoCAD) โดยมีความต้องการให้ซอฟต์แวร์ที่พัฒนานี้ใช้ช่วยในการออกแบบกลไกแบบโซ่ปิด ที่เคลื่อนที่ไปบนระนาบต่างๆ ที่ขนานกัน (Plane Motion) และเหมาะสมกับลักษณะงานที่ต้องการ โดยกำหนดตำแหน่งที่จะให้กลไกเคลื่อนที่ไว้ล่วงหน้า และสามารถทดลองเปลี่ยนแปลงค่าที่เกี่ยวเนื่องกับการสังเคราะห์และวิเคราะห์ได้ซ้ำไปซ้ำมาได้ จนได้กลไกที่เหมาะสมและตรงกับความต้องการได้ เมื่อได้กลไกแล้วก็สามารถจำลองการเคลื่อนที่ของกลไกที่ออกแบบไว้แล้วนั้นว่ามีการเคลื่อนที่เป็นอย่างไร จากนั้นดูผลลัพธ์ค่าคิเนแมติกของกลไกจากกราฟความเร็ว และความเร่ง ถ้าไม่พอใจผลลัพธ์นั้น ก็สามารถกลับไปหากลไกที่เหมาะสมได้อีก โดยไม่ต้องใช้เวลามากในการที่จะหากลไกใหม่นั้น หรือถ้าพอใจกับกลไกที่ได้ออกแบบไว้แล้วก็สามารถเก็บกลไกนี้ไว้ในรูปแบบของไฟล์ (Files) ที่ใช้ในซอฟต์แวร์ออโตแคด ไว้เพื่อเป็นฐานข้อมูลของกลไกต่างๆ โดยจะมีเส้นทางเดินของก้านส่ง (Coupler Curve) ต่างๆ ของกลไกที่ได้เคยออกแบบไว้แล้ว เพื่อความสะดวกในการออกแบบในครั้งต่อไป หรือไม่ต้องออกแบบกลไกใหม่ ถ้าเส้นทางเดินของก้านส่ง และค่าคิเนแมติกของกลไกที่มีในฐานข้อมูลนั้นมีเหมาะสมกับลักษณะงานที่ต้องการนั้นก็สามารถเลือกใช้ได้เลย และที่สำคัญก็คือสามารถนำกลไกในฐานข้อมูลมาต่อกันเป็นกลไกอีกชนิดหนึ่งได้อีก หรือเป็นกลไกที่ซับซ้อนมากขึ้นได้

## 5.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การพัฒนาซอฟต์แวร์นี้ใช้เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ไอบีเอ็ม (IBM PC/Compatible) ซึ่งใช้ไมโครโปรเซสเซอร์เพนเทียม 166 เอ็มเอ็มเอ็กซ์ (Pentium 166 MMX) และเขียนซอฟต์แวร์ด้วยภาษาวิชวลซีพลัสพลัส (C++) โดยใช้ซอฟต์แวร์ไมโครซอฟต์วิชวลซีพลัสพลัสเวอร์ชั่น 6 (Microsoft Visual C++ Version 6.0) เป็นเครื่องมือในการพัฒนา และใช้ไลบรารีออบเจ็กต์เอ อาร์เอ็กซ์ (ObjectARX Library) ที่เป็นไลบรารีที่สามารถจัดการกับฐานข้อมูล (Database) ของซอฟต์แวร์ออโตแคดได้

## 5.3 โฟล์วชาร์ต (Flow Chart) ของซอฟต์แวร์

ในการออกแบบโดยใช้ภาษาโฟล์วชาร์ดนี้นั้นได้แบ่งออกเป็น 7 ส่วน ดังรูปที่ 5.1




*รูปที่ 5.1 โฟล์วชาร์ตของซอฟต์แวร์*

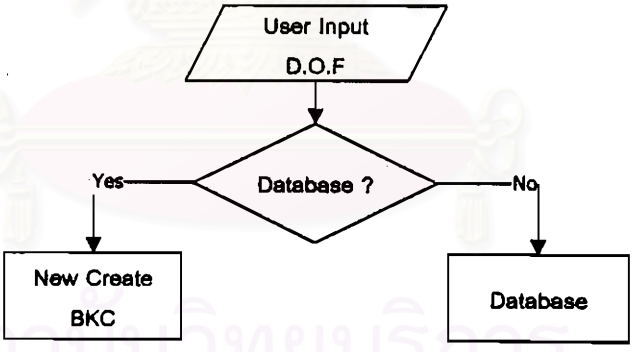
## 5.4 ขั้นตอนการทำงานของซอฟต์แวร์

เป็นทูลบาร์คำสั่งหลักที่ใช้ในการช่วยออกแบบกลไกทั้งหมด ซึ่งจะปรากฏทูลบาร์นี้เมื่อซอฟต์แวร์นี้ถูกโหลดใช้งาน ทูลบาร์จะแทรกอยู่บนวินโดวส์หลักของซอฟต์แวร์ออโตแคด

*รูปที่ 5.2 ทูลบาร์ (Toolbar) คำสั่งหลักของซอฟต์แวร์*

### 5.4.1 การสังเคราะห์เชิงรูปแบบ (Type Synthesis)

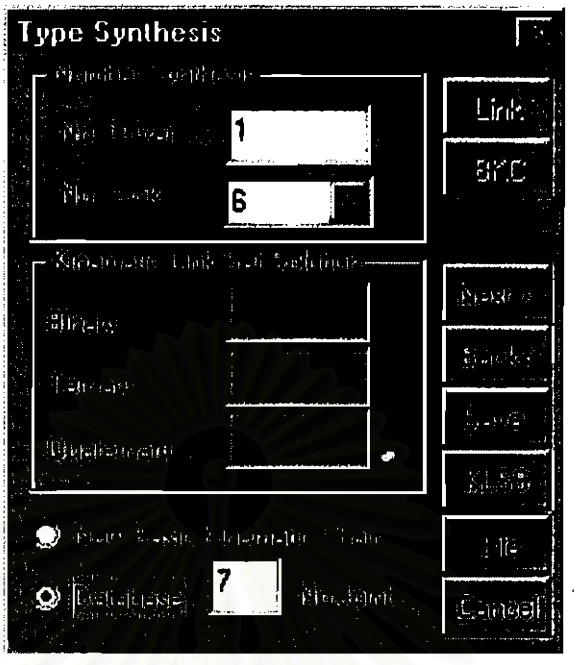
ให้ผู้ใช้ใส่ค่าจำนวนระดับขั้นเสรีที่จะใช้ในการออกแบบกลไก ซึ่งซอฟต์แวร์นี้จะทำการสังเคราะห์เชิงจำนวนเพื่อหาจำนวนและลำดับของก้านต่อที่จะเป็นไปได้สำหรับระดับขั้นเสรีที่กำหนด และในขั้นตอนนี้ยังสามารถเลือกได้ว่าต้องการที่ใช้รูปแบบของโซ่พื้นฐานคิเนแมติกจากฐานข้อมูลหรือต้องการที่จะสร้างโซ่พื้นฐานคิเนแมติกขึ้นใหม่ โดยมีโฟล์วชาร์ตดังนี้




*รูปที่ 5.3 โฟล์วชาร์ตในขั้นตอนการสังเคราะห์เชิงรูปแบบ*

**การใช้งานของซอฟต์แวร์ในขั้นตอนของการสังเคราะห์เชิงรูปแบบ**

เลือกคำสั่งในทูลบาร์คำสั่งหลักดังรูปที่ 5.2 จะขึ้นไดอะล็อกบ็อกซ์ดังรูปที่ 5.3 ซึ่งเป็นไดอะล็อกบ็อกซ์หลักของขั้นตอนสังเคราะห์เชิงรูปแบบ และจะเชื่อมโยงกับไดอะล็อกบ็อกซ์ย่อยๆ ที่จะต้องใช้ในขั้นตอนนี้ โดยการกดปุ่มที่มีอยู่บนไดอะล็อกบ็อกซ์นี้ ซึ่งจะอธิบายหน้าที่การทำงานของแต่ละปุ่มต่อไป




*รูปที่ 5.4 ไดอะล็อกบ็อกซ์หลักของการสังเคราะห์เชิงรูปแบบ*

**รายละเอียดในไดอะล็อกบ็อกซ์**

Database เมื่อต้องการจะเลือกโซ่พื้นฐานคิเนแมติก (Basic Kinematic Chain)(BKC) จากในฐานข้อมูล ซึ่งผู้วิจัยได้สร้างเก็บไว้เฉพาะรูปแบบกลไกที่ใช้กันโดยทั่วๆ ไป

New Basic Kinematic Chain เมื่อต้องการจะสร้างโซ่พื้นฐานคิเนแมติกขึ้นเองใหม่

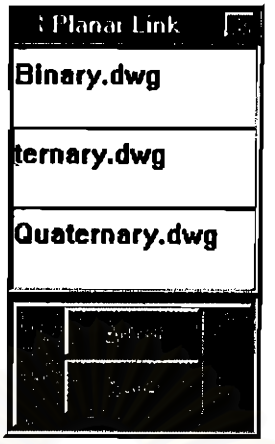
No.Driver จำนวนระดับขั้นเสรี หรือจำนวนตัวส่งกำลังขับเคลื่อน (Driving)

No.Link จำนวนก้านต่อที่สามารถจะเป็นไปได้ในระดับขั้นเสรีที่กำหนด (ในการวิจัยครั้งนี้จำนวนมากที่สุดไม่เกิน 8 ก้านต่อ)

Kinematic Link Set Solution จำนวนและลำดับก้านต่อกับรอยต่อต่างๆ ที่จำเป็นเพื่อให้ได้กลไกที่สามารถเคลื่อนที่ตามกำหนด โดยมีระดับขั้นเสรี ที่กำหนดไว้

Link เมื่อต้องการสร้างชนิดของก้านต่อใหม่

BKC เมื่อต้องการจะสร้างโซ่พื้นฐานคิเนแมติกขึ้นใหม่ หลังจากกดปุ่มนี้จะขึ้นวินโดวส์ (Windows) ของชนิดก้านต่อดังรูปที่ 5.5




*รูปที่ 5.5 วินโดวส์ของชนิดก้านต่อในระนาบขนานกัน (Planar Link Type)*

Save เมื่อผู้ใช้ต้องการจะจัดเก็บโซ่พื้นฐานคิเนแมติกที่สร้างขึ้นใหม่ ใส่ในฐานข้อมูล และจะขึ้นไดอะล็อกบ็อกซ์ดังรูปที่ 5.18 ซึ่งผู้ใช้สามารถสร้างแฟ้มข้อมูลเพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลจัดเก็บไฟล์นี้ขึ้นเองได้โดยทำตามวิธีในภาคผนวค

Adjust เมื่อผู้ใช้ต้องการจะปรับเปลี่ยนรูปร่างของก้านต่อที่จะมาประกอบกันเป็นโซ่พื้นฐานคิเนแมติก เมื่อกดปุ่มนี้แล้วก็สามารถทำการปรับเปลี่ยนรูปร่างได้ โดยใช้เมาส์ไปปรับเปลี่ยนความยาวก้านต่อที่อยู่บนวินโดวส์หลักของซอฟต์แวร์ออโตแคดได้โดยตรง

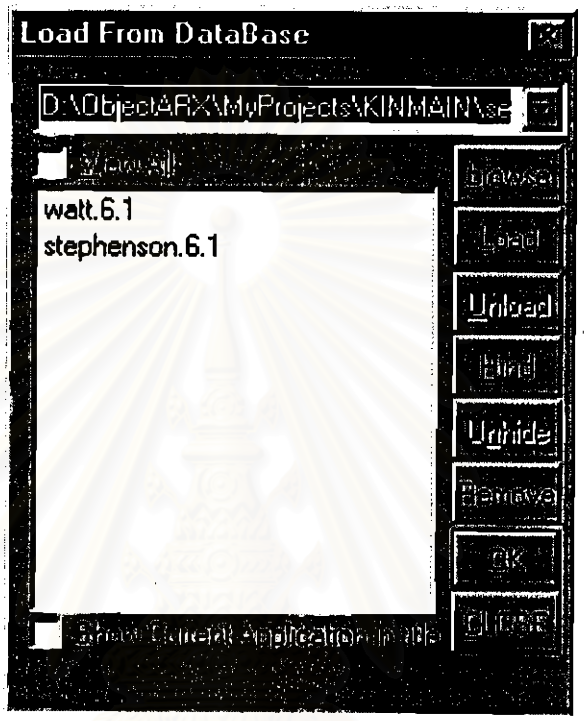
**การใช้งานวินโดวส์ Planar Link** เป็นการสร้างโซ่พื้นฐานคิเนแมติกโดยใช้เมาส์ลากจากภายในวินโดวส์ตามชื่อของก้านต่อดังรูปที่ 5.5 ที่ต้องการจะนำมาสร้าง ซึ่งลากจากภายในวินโดวส์ออกมาวางที่วินโดวส์หลักของออโตแคด โดยก้านต่อนี้จะแสดงเป็นรูปเขียนคิเนแมติก เมื่อเห็นรูปของก้านต่ออยู่บนวินโดวส์หลักของซอฟต์แวร์ออโตแคดแล้ว กด Enter จากนั้นให้ลากก้านต่ออันต่อไปในวินโดวส์ดังรูปที่ 5.5 มาต่อกันจนได้รูปแบบของโซ่พื้นฐานคิเนแมติกตามที่ต้องการ การต่อกันของก้านต่อจะต้องต่อให้เชื่อมติดกัน อาจใช้ฟังก์ชั่น Object Snap Setting ซึ่งอยู่ในซอฟต์แวร์ออโตแคดช่วยได้ และการสร้างโซ่พื้นฐานคิเนแมติกนั้นจะต้องระมัดระวังไม่ให้ผิดเกณฑ์การกระจายของระดับขั้นเสรี (Degree Of Freedom Distribution Criterion) กล่าวคือที่โซ่พื้นฐานคิเนแมติกจะต้องไม่มีระดับขั้นเสรีเท่ากับศูนย์ในโซ่ย่อย (Subchain)

Next, Back เพื่อให้เรียกดูจำนวนและลำดับก้านต่อที่สามารถนำไปใช้กับระดับขั้นเสรีที่ผู้ใช้กำหนด

Save เมื่อผู้ใช้ต้องการจะจัดเก็บกลไกที่ได้ออกแบบขึ้นและต้องการเก็บในฐานข้อมูล จะปรากฏไดอะล็อกบอกซ์ดังรูปที่ 5.18

KLSS เมื่อต้องการคำนวณจำนวนและลำดับก้านต่อที่เป็นไปได้กับจำนวนระดับขั้นเสรีที่ผู้ใช้กำหนด

File เมื่อต้องการโหลดไฟล์ข้อมูลในฐานข้อมูลของผู้ใช้ จากฮาร์ดดิสก์เข้าสู่ซอฟต์แวร์ และจะปรากฏไดอะบ็อกซ์ดังรูปที่ 5.6



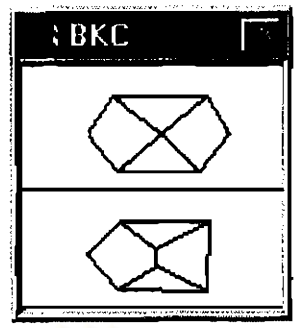

*รูปที่ 5.6 ไดอะล็อกบ็อกซ์สำหรับโหลดไฟล์ในฐานข้อมูลของผู้ใช้จากฮาร์ดดิสก์*

แถบสีดำ ที่อยู่ของไฟล์ล่าสุดที่จะถูกโหลดเข้ามาในซอฟต์แวร์

View แสดงไฟล์ทั้งหมดที่ถูกโหลดเข้ามาอยู่ในซอฟต์แวร์ ถ้าไม่เลือกให้แสดงทั้งหมด ก็จะแสดงเฉพาะโซ่พื้นฐานคิเนแมติก (BKC) ที่มีจำนวนก้านต่อที่ผู้ใช้ต้องการจะออกแบบเท่านั้น

บ็อกซ์แสดงชื่อไฟล์ แสดงชื่อไฟล์ที่โหลดเข้ามาในซอฟต์แวร์ ซึ่งไฟล์ที่ปรากฏอยู่ในนี้จะเข้าไปแสดงรูปอยู่ในวินโดวส์โซ่พื้นฐานคิเนแมติก (BKC) เพื่อสำหรับนำไปออกแบบเป็นกลไกต่อไป เช่น watt.6.1 ดังปรากฏในบ็อกซ์ดังรูปที่ 5.6

Watt.6.1 หมายถึงไฟล์ข้อมูลนี้ชื่อ watt มีจำนวน 6 ก้านต่อ และระดับขั้นเสรีเท่ากับ 1 โดยที่ไฟล์ที่ผู้ใช้โหลดเข้ามานั้นจะถูกแปลงนามสกุลจาก ชื่อไฟล์.dwg ไปเป็น ชื่อไฟล์.จำนวนก้านต่อของกลไก.จำนวนระดับขั้นเสรี




*รูปที่ 5.7 โซ่พื้นฐานคิเนแมติก (Basic Kinematic Chain) 6 ก้านต่อ*

**การใช้งานวินโดวส์ BKC** โดยใช้เมาส์ลากจากภายในวินโดวส์ตามรูปแบบของ BKC ที่สนใจจะทำการออกแบบดังรูปที่ 5.7 ลากออกมาวางในวินโดวส์หลักของซอฟต์แวร์ออโตแคด (ซึ่งโครงสร้างเชิงโทโพโลยีที่แสดงนี้จะเป็นรูปแบบโซ่พื้นฐานคิเนแมติก ซึ่งไม่มีระดับขั้นเสรีเท่ากับศูนย์ในโซ่ย่อย (Subchain)

Show Current File in title แสดงชื่อไฟล์ที่ไตเติล (Tittle) ของซอฟต์แวร์ออโตแคด

Browse เพื่อต้องการเข้าไปในที่ที่ผู้ใช้เก็บไฟล์ไว้ และต้องการโหลดเข้ามาในซอฟต์แวร์

Load เมื่อต้องการจะโหลดไฟล์ที่แสดงอยู่ในแถบสีดำ เข้าไปในบ็อกซ์แสดงชื่อไฟล์

UnLoad เมื่อต้องการจะไม่โหลดไฟล์ที่แสดงอยู่ในบ็อกซ์แสดงชื่อไฟล์

Hide เมื่อต้องการจะซ่อนไฟล์ที่แสดงอยู่ในบ็อกซ์แสดงชื่อไฟล์

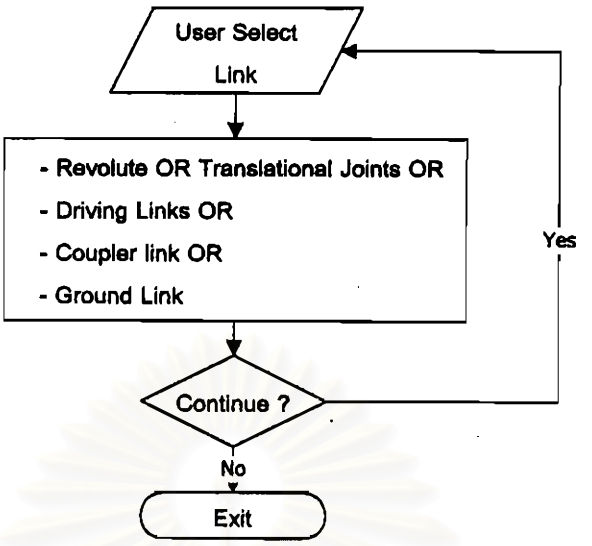
Unhide เมื่อต้องการยกเลิกการซ่อนไฟล์ในบ็อกซ์แสดงชื่อไฟล์

Remove เมื่อต้องการลบที่อยู่ของไฟล์ล่าสุดที่ปรากฏอยู่ในแถบสีดำ

Cancel ยกเลิกคำสั่งทั้งหมดแล้วปิดไดอะล็อกบ็อกซ์นี้

### 5.4.2 กำหนดเงื่อนไขบังคับ (Define Constraints)

ในขั้นตอนนี้ผู้ใช้จะต้องเลือกก้านต่อที่ต้องการกำหนดเงื่อนไขบังคับให้กับก้านต่อ ซึ่งก้านต่อนี้จะเลือกจากโซ่พื้นฐานคิเนแมติกที่ผู้ใช้ได้เลือกไว้ในขั้นตอนของการสังเคราะห์เชิงรูปแบบ ซึ่งรูปแบบของโซ่พื้นฐานคิเนแมติกที่ได้กำหนดเงื่อนไขบังคับให้กับก้านต่อแล้วนี้จะนำไปสังเคราะห์เป็นกลไกต่อไป




*รูปที่ 5.8 โฟล์วชาร์ตในขั้นตอนของการกำหนดเงื่อนไขบังคับ (Define Constraints)*

**การใช้งานของซอฟต์แวร์ในขั้นตอนการกำหนดเงื่อนไขบังคับ**

เลือกคำสั่งในทูลบาร์คำสั่งหลักดังรูปที่ 5.2 จะขึ้นไดอะล็อกบ็อกซ์ดังนี้

เงื่อนไขที่จะต้องกำหนดให้กับโซ่พื้นฐานคิเนแมติก คือ

- ก้านต่อแบบคู่สัมผัสหมุน (Revolute Joints) จะต้องเลือกก้านต่อ 2 ก้านต่อในโซ่พื้นฐานคิเนแมติก ที่จะต่อด้วยก้านต่อแบบคู่สัมผัสหมุน

- ก้านต่อแบบคู่สัมผัสเลื่อนไถล (Translational Joints) จะต้องเลือกก้านต่อ 2 ก้านต่อในโซ่พื้นฐานคิเนแมติก ที่จะต่อด้วยก้านต่อแบบคู่สัมผัสเลื่อนไถล

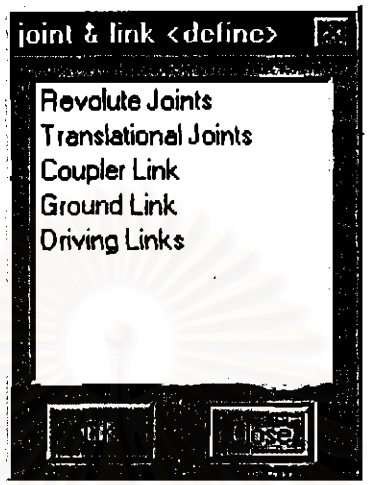
- ก้านส่ง (Coupler Link) จะต้องเลือกก้านต่อ 1 ก้านต่อ ที่ต้องการให้เป็นก้านต่อจะต้องเคลื่อนที่ผ่านตำแหน่งการเคลื่อนที่กำหนดไว้ล่วงหน้า 3 ตำแหน่ง

- ก้านต่อยึดอยู่กับที่ (Ground Link) จะต้องเลือกก้านต่อ 1 ก้านต่อ ที่ต้องการให้ยึดอยู่กับที่

- ก้านต่อส่งกำลังขับเคลื่อน (Driving Links) จะต้องเลือกก้านต่อ 1 ก้านต่อที่ต้องการที่จะให้เป็นก้านต่อส่งกำลังขับเคลื่อน

**หมายเหตุ** การเลือกก้านต่อต่างๆ ที่จะต่อกันด้วยก้านต่อแบบคู่สัมผัสหมุน หรือก้านต่อแบบคู่สัมผัสเลื่อนไถลนั้น การเลือกจะต้องเลือกก้านต่อต่างๆ บนโซ่พื้นฐานคิเนแมติก ในทิศ

ทางวนไปตามเข็มนาฬิกา โดยเลือกจากก้านต่อด้านนอกก่อนจนครบ แล้วจึงเข้าไปเลือกก้านต่อด้านใน และวนในทิศทางตามเข็มนาฬิกาเช่นกัน



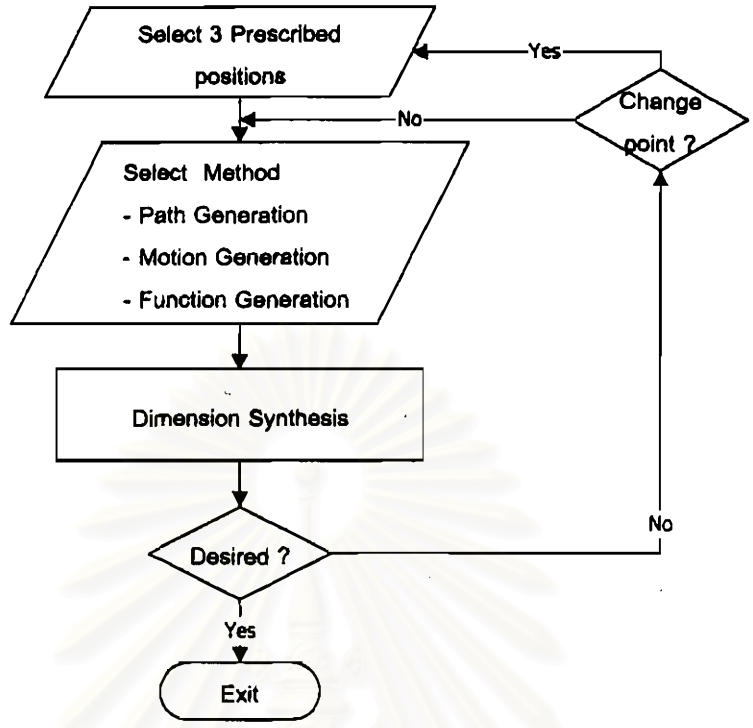

*รูปที่ 5.9 ไดอะล็อกบ็อกซ์หลักสำหรับกำหนดเงื่อนไขบังคับ (Define Constraints)*

**การใช้งานไดอะล็อกบ็อกซ์กำหนดเงื่อนไขบังคับ** ให้ผู้ใช้เลือกก้านต่อที่ปรากฏอยู่บนวินโดวส์หลักของซอฟต์แวร์ออโตแคด ที่ต้องการกำหนดเงื่อนไขบังคับ แล้วใช้เมาส์ดับเบิลคลิกไปที่ชื่อชนิดของเงื่อนไขบังคับในวินโดวส์ดังรูปที่ 5.9 หรือคลิกให้แถบสีไปปรากฏที่ชื่อนั้น แล้วกดปุ่ม OK เมื่อต้องการจะปิดไดอะล็อกบ็อกซ์ก็ให้กดปุ่ม CLOSE

### 5.4.3 การสังเคราะห์เชิงมิติ (Dimension Synthesis)

ให้ผู้ใช้กำหนดตำแหน่งการเคลื่อนที่ไว้ล่วงหน้า 3 ตำแหน่ง เข้าไปในแบบได้ที่จำลองลักษณะงาน สภาวะเงื่อนไขที่ต้องการกลไกเคลื่อนที่ผ่านตำแหน่งที่ต้องการ ซึ่งผู้ใช้ได้วาดแบบจำลองเอาไว้แล้วบนวินโดวส์หลักของซอฟต์แวร์ออโตแคด ซึ่งรายละเอียดตัวอย่างแบบจำลองลักษณะงานจะดูได้จากผลการทดสอบซอฟต์แวร์ในบทที่ 6

เมื่อกำหนดการเคลื่อนที่ 3 ตำแหน่งแล้ว จากนั้นเลือกวิธีที่จะสังเคราะห์เชิงมิติ คือพาธเจนเนอเรชัน โมชันเจนเนอเรชัน ฟังก์ชันเจนเนอเรชัน ซอฟต์แวร์ก็จะคำนวณหาความยาวของก้านต่อของกลไก แล้ววาดรูปร่างกลไกที่สังเคราะห์เชิงมิติได้ มาแสดงบนวินโดวส์หลักของซอฟต์แวร์ออโต้หลัก และถ้าไม่พอใจกลไกที่ได้สังเคราะห์ขึ้นนี้ ก็สามารถทำการสังเคราะห์เชิงมิติใหม่ โดยเปลี่ยนตัวแปรเลือกอิสระที่เกี่ยวข้องกับวิธีการสังเคราะห์เชิงมิติของแต่ละแบบโดยดูรายละเอียดได้จากบทที่ 3




*รูปที่ 5.10 โฟล์วชาร์ตในขั้นตอนของการสังเคราะห์เชิงมิติ (Dimension Synthesis)*

**การใช้งานของซอฟต์แวร์ในขั้นตอนของการสังเคราะห์เชิงมิติ**

เลือกคำสั่งในทูลบาร์หลักดังรูปที่ 5.2

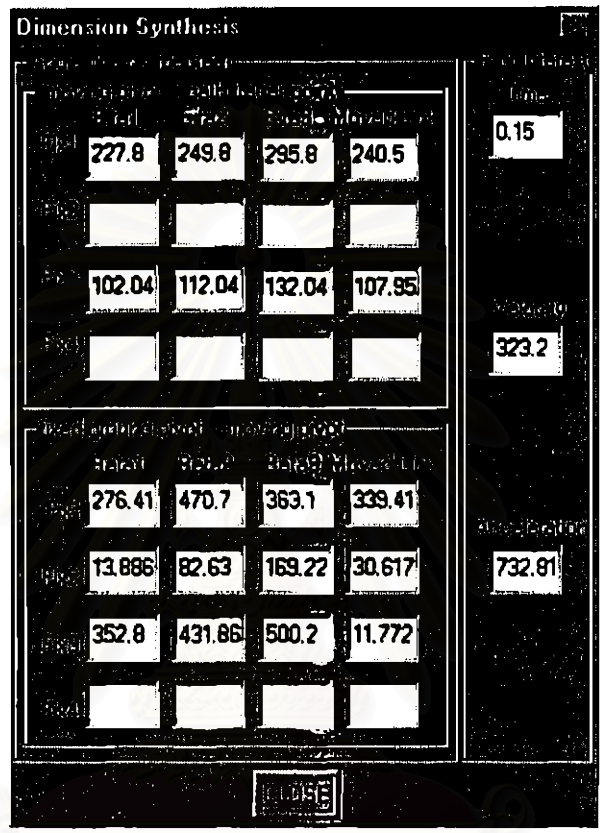
เป็นคำสั่งเพื่อกำหนดแนวทางการเคลื่อนที่ล่วงหน้า 3 ตำแหน่ง ซึ่งเป็นตำแหน่ง (Position) และการวางทิศทาง (Orientation) ของก้านส่ง (Coupler Link) ใช้สำหรับงานโมชันเจนเนอเรชัน หรืองานพาธเจนเนอเรชัน

เป็นคำสั่งเพื่อกำหนดตำแหน่งของก้านต่อที่ยึดอยู่กับที่ หรือมุมของก้านต่อที่ปลายด้านหนึ่งต่ออยู่กับก้านต่อที่อยู่กับที่และปลายอีกด้านหนึ่งต่ออยู่กับก้านต่อเคลื่อนที่ ใช้สำหรับงานโมชันเจนเนอเรชัน หรืองานพาธเจนเนอเรชัน ซึ่งสามารถทดลองทำซ้ำโดยเปลี่ยนแปลงตำแหน่งก้านต่อที่ยึดอยู่กับที่ หรือจะเปลี่ยนค่ามุมของก้านต่อ เพื่อหากลไกที่เหมาะสมสำหรับงานที่ต้องการ

เป็นคำสั่งเพื่อกำหนดมุมและตำแหน่งของก้านต่อส่งเข้าและก้านต่อส่งออกใช้สำหรับงานฟังก์ชันเจนเนอเรชัน สำหรับกลไก 4 ก้านต่อ ซึ่งสามารถทดลองทำซ้ำโดยเปลี่ยนแปลงค่ามุมของก้านส่ง เพื่อหากลไกที่เหมาะสมสำหรับงานที่

ต้องการ โดยใช้สมการวงวนปิด (Loop-Closure-Equation) ในการสังเคราะห์เชิงมิติ

เมื่อเลือกใช้ปุ่มใดปุ่มหนึ่งข้างต้นแล้วจะแสดงไดอะล็อกบ็อกซ์ดังรูปที่ 5.11




*รูปที่ 5.11 ค่าผลลัพธ์ของการสังเคราะห์เชิงมิติ (Dimension Synthesis)*

Fixed Ground Pivot ->Moving Pivot เป็นกลุ่มที่แสดงผลลัพธ์ของมุมของก้านต่อที่ปลายข้างหนึ่งถูกยึดอยู่กับที่และปลายอีกด้านหนึ่งเคลื่อนที่

Moving Pivot ->Path Tracer Point เป็นกลุ่มที่แสดงผลลัพธ์ของมุมของก้านต่อที่ปลายข้างหนึ่งที่เคลื่อนที่และปลายอีกด้านหนึ่งเป็นจุดบอกแนวทางเดินของกลไกที่เคลื่อนที่ตามที่กำหนดแนวทางไว้ล่วงหน้า

P Of Interest เป็นกลุ่มแสดงผลลัพธ์ทางคิเนแมติก มีความเร็ว ความเร่ง และเวลา ของตำแหน่งที่สนใจจะพิจารณาบนก้านต่อใดก้านต่อหนึ่งของกลไก ซึ่งปกติแล้วจะกำหนดอยู่ที่จุดบอกแนวทางเดินของกลไกที่เคลื่อนที่ตามที่กำหนดแนวทางไว้ล่วงหน้า

Fix1-Fix4 แสดงลำดับของก้านต่อที่ยึดอยู่กับที่ ที่สามารถต่อกับรอยต่อได้ 4 รอยต่อ

Beta1, Elfa1 เป็นมุมเริ่มต้นของก้านต่อเมื่อก้านส่ง (Coupler Link) อยู่ในตำแหน่งที่กำหนดไว้ล่วงหน้า (Prescribed Position) ตำแหน่งที่ 1

Beta2, Elfa2 เป็นมุมของก้านต่อที่จะเคลื่อนที่เมื่อก้านส่ง เคลื่อนที่ถึงตำแหน่งที่กำหนดไว้ ตำแหน่งที่ 2

Beta3, Elfa3 เป็นมุมของก้านต่อที่จะเคลื่อนที่เมื่อก้านส่ง เคลื่อนที่ถึงตำแหน่งที่กำหนดไว้ ตำแหน่งที่ 3

Moved Link เป็นมุมของก้านต่อที่สามารถเคลื่อนที่ไปทั้งหมด

เป็นคำสั่งเปลี่ยนค่าการวางทิศทาง (Orientation) ของ 3 ตำแหน่งที่กำหนดไว้ ใช้สำหรับงานพาธเจนเนอเรชัน และใช้เพื่อทดลองทำซ้ำโดยเปลี่ยนแปลงค่ามุม เพื่อหากลไกที่เหมาะสมสำหรับงานที่ต้องการ

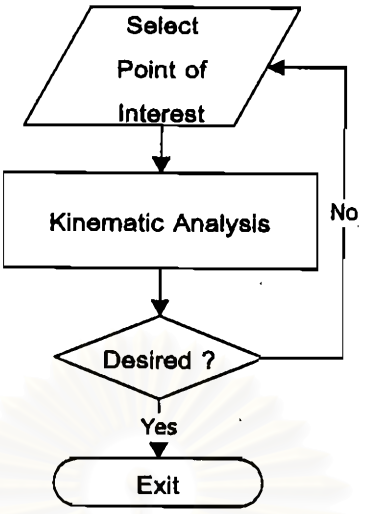
เป็นคำสั่งเพื่อทำการสังเคราะห์เชิงมิติของกลไกหาความยาวของก้านต่อต่าง ๆ สำหรับการทำซ้ำในการออกแบบ หลังจากการเปลี่ยนค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์กลไก แล้วต้องการจะอัพเดต (Update) การสังเคราะห์กลไกใหม่

เป็นคำสั่งรีดรอ (Redraw) เพื่อลบร่องรอยที่เป็นเครื่องหมายของตำแหน่งที่เคยเลือกก้านต่อที่ยึดอยู่กับที่ไว้ หลังการทำซ้ำทั้งหมด

### 5.4.4 การวิเคราะห์คิเนแมติก (Kinematics Analysis)

ผู้ใช้เลือกตำแหน่งที่สนใจจะพิจารณาหรือดูเส้นทางเดินของจุดที่เลือกนั้นบนก้านต่อใด ๆ ซึ่งโดยปกติแล้ว ถ้าไม่มีการเลือกเพื่อกำหนดตำแหน่งนี้นั้น ซอฟต์แวร์จะกำหนดให้เองโดยอยู่ที่ตำแหน่งการเคลื่อนที่ล่วงหน้านั้น และตำแหน่งจะอยู่บนก้านส่ง (Coupler Link)

จากนั้นซอฟต์แวร์จะทำการคำนวณเพื่อวิเคราะห์คิเนแมติกสำหรับกลไกที่ได้สังเคราะห์ขึ้นแล้วในขั้นตอนที่ผ่านมา ถ้าซอฟต์แวร์คำนวณแล้วพบว่ามี เมทริกซ์เอกฐาน (Singular Matrix) ดังนั้นอาจต้องทำการสังเคราะห์เชิงมิติเพื่อหากลไกใหม่ หรือตำแหน่งที่สนใจจะพิจารณา แล้วทำขั้นตอนการวิเคราะห์คิเนแมติกอีกครั้ง ดูได้โฟลว์ชาร์ตรูปที่ 5.12




*รูปที่ 5.12 โฟล์วชาร์ตในขั้นตอนการวิเคราะห์คิเนแมติก (Kinematics Analysis)*

**การใช้งานของซอฟต์แวร์ในขั้นตอนของการวิเคราะห์คิเนแมติก**

เลือกคำสั่งในทูลบาร์หลักดังรูปที่ 5.2

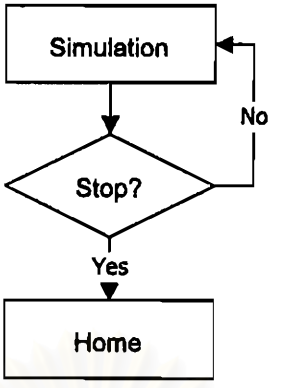
เป็นคำสั่งเพื่อเลือกตำแหน่งที่สนใจจะพิจารณาบนก้านต่อ และดูผลลัพธ์ของแนวทางเดิน (Path) ของก้านต่อในกลไก เมื่อกลไกมีเคลื่อนที่

เป็นคำสั่งเพื่อคำนวณค่าการวิเคราะห์คิเนแมติกของก้านต่อต่างๆ ในกลไกและตำแหน่งที่สนใจจะพิจารณาบนก้านต่อใดก้านต่อหนึ่ง ค่าที่คำนวณได้ คือการกระจัด ความเร็ว และความเร่ง

### 5.4.5 การจำลองการเคลื่อนที่ (Simulation )

เมื่อผู้ใช้เลือกขั้นตอนนี้จะเป็นการจำลองการเคลื่อนที่ของกลไกที่ได้ออกแบบขึ้น เพื่อตรวจสอบดูการเคลื่อนที่ของกลไกว่าสามารถเคลื่อนที่ได้ตามต้องการหรือไม่

**หมายเหตุ** ในขณะจำลองการเคลื่อนของกลไกนั้น ไม่สามารถหยุดการเคลื่อนที่ของกลไกในระหว่างที่เคลื่อนที่อยู่นั้นได้ จะต้องรอจนกว่าจะทำการจำลองการเคลื่อนที่เสร็จ แล้วจึงสามารถเลือกได้ว่าจะจำลองการเคลื่อนที่ต่อไป หรือจะหยุดการจำลองการเคลื่อนที่นี้แล้วดังโฟลว์ชาร์ตรูปที่ 5.13




*รูปที่ 5.13 โฟล์วชาร์ตในขั้นตอนการจำลองการเคลื่อนที่ (Simulation) ของกลไก*

**การใช้งานของซอฟต์แวร์ในขั้นตอนของการจำลองการเคลื่อนที่**

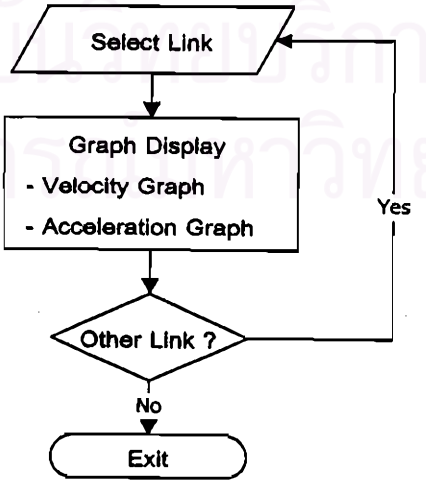
เลือกคำสั่งในทูลบาร์คำสั่งหลักดังรูปที่ 5.2

เป็นคำสั่งที่ใช้สำหรับจำลองการเคลื่อนที่ของกลไกและสร้างแนวทางเดิน (Path) ของตำแหน่งที่สนใจจะพิจารณา (Point Of Interest) ที่ผู้ใช้ซอฟต์แวร์ได้เลือกไว้

เป็นคำสั่งที่ใช้เพื่อให้กลไกกลับสู่ตำแหน่งเริ่มต้นหลังจากที่ได้จำลองการเคลื่อนที่

### 5.4.6 แสดงกราฟ (Display Graph)

เลือกก้านต่อที่ต้องการจะดูค่าคิเนแมติกเพื่อตรวจสอบดูค่าความเร็วและความเร่งจากกราฟคิเนแมติก เพื่อใช้ในการตัดสินใจที่จะเลือกกลไกที่ออกแบบนี้หรือไม่

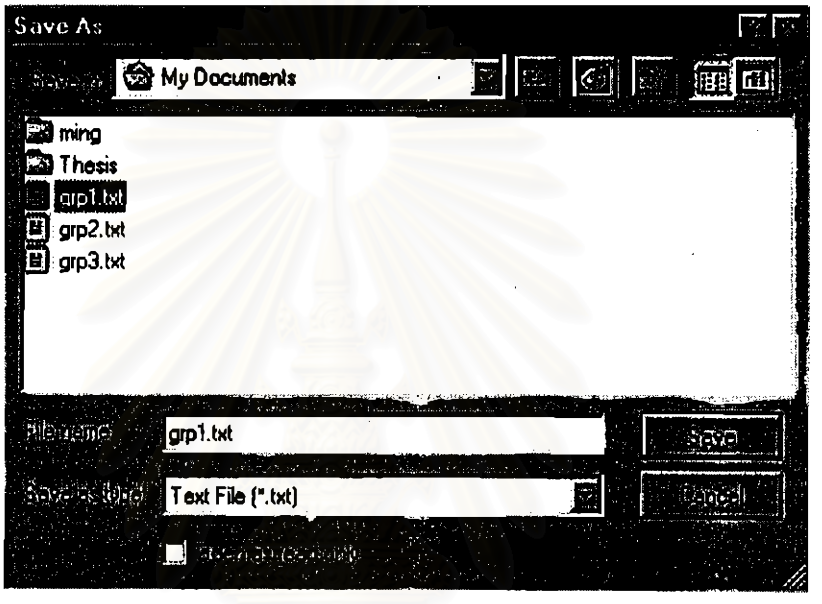



*รูปที่ 5.14 โฟล์วชาร์ตในขั้นตอนของการแสดงกราฟ (Display Graph)*

**การใช้งานของซอฟต์แวร์ในขั้นตอนของการแสดงกราฟ**

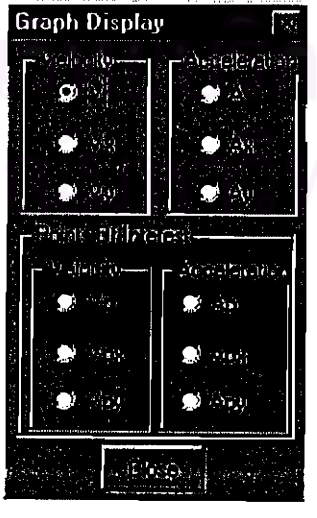
เลือกคำสั่งในทูลบาร์คำสั่งหลักดังรูปที่ 5.2

เป็นคำสั่งเปิดไดอะล็อกบ็อกซ์จัดเก็บข้อมูลการวิเคราะห์คิเนแมติกเป็นไฟล์เพื่อสำหรับนำเอาข้อมูลนี้ไปใช้กับซอฟต์แวร์อื่นได้ ดังรูปที่ 5.15



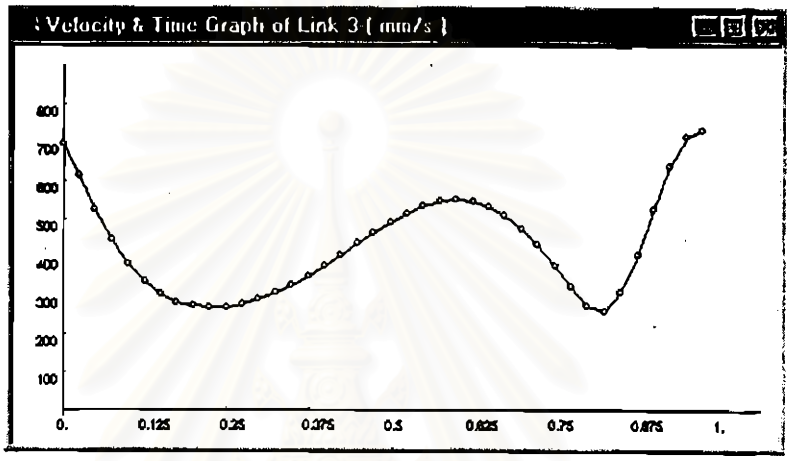

*รูปที่ 5.15 ไดอะล็อกบ็อกซ์เพื่อบันทึกข้อมูลลงไฟล์*

หลังจากบันทึกข้อมูลเรียบร้อยแล้วจะขึ้นไดอะล็อกบ็อกซ์สำหรับแสดงกราฟคิเนแมติก




*รูปที่ 5.16 ไดอะล็อกบ็อกซ์เพื่อเลือกการแสดงกราฟ*

ผู้ใช้สามารถเลือกผลการแสดงกราฟได้ 12 ค่า ได้แก่ 6 ค่าแรกเป็นค่าคิเนแมติกของแต่ละก้านต่อที่ผู้ใช้ได้เลือกที่จะดูกราฟของก้านต่อนั้น ซึ่งกราฟที่แสดงนี้จะแสดงค่าคิเนแมติกที่ตำแหน่งกึ่งกลางของก้านต่อที่ผู้ใช้เลือกนั้น และอีก 6 ค่า เป็นค่าคิเนแมติกของก้านต่อที่ตำแหน่งที่สนใจจะพิจารณา และค่าคิเนแมติกที่จะแสดงกราฟ คือความเร็วลัพธ์ ความเร็วในแนวแกน X ความเร็วในแนวแกน Y ความเร่งลัพธ์ ความเร่งในแนวแกน X ความเร่งในแนวแกน Y รูปที่ 5.17 แสดงตัวอย่างของกราฟความเร็ว กับเวลา

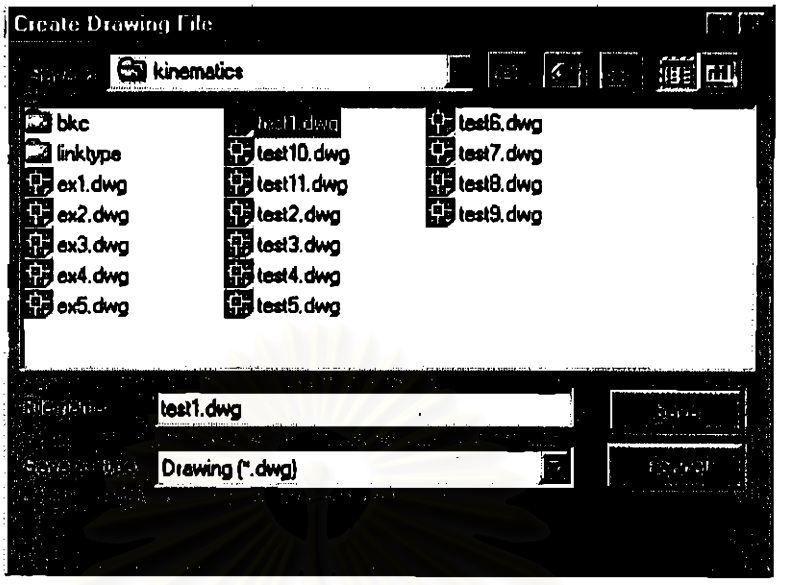



*รูปที่ 5.17 วินโดวส์สำหรับแสดงกราฟความเร็ว กับเวลาของก้านต่อ 3*

**หมายเหตุ** ในการแสดงค่ากราฟคิเนแมติกของก้านต่อที่ได้เลือกนั้น 6 ค่าแรกจะแสดงค่าคิเนแมติกที่ตำแหน่งกึ่งกลางของก้านต่อ ซึ่งถ้าต้องการจะดูค่าของกราฟคิเนแมติกที่ตำแหน่งใด ๆ นั้นสามารถเลือกกำหนดตำแหน่งที่สนใจจะพิจารณา (Point Of Interest) ที่ตำแหน่งที่ต้องการจะดูค่ากราฟคิเนแมติกบนก้านต่อนั้น แล้วดำเนินตามขั้นตอนของการแสดงกราฟ โดยเลือกที่ก้านต่อนั้น แล้วดูผลลัพธ์ของการแสดงค่ากราฟ 6 ค่าหลัง ซึ่งเลือกไปที่ช่อง Point Of Interest ของไดอะล็อกบ็อกซ์รูปที่ 5.16

### 5.4.7 การจัดเก็บไฟล์ (File) ของกลไกที่ได้ออกแบบแล้ว

พิมพ์คำสั่ง wblock ที่คอมมานไลน์ (Command Line) ของซอฟต์แวร์ออโตแคด แล้วกด Enter จะปรากฏไดอะล็อกบ็อกซ์ดังนี้




*รูปที่ 5.18 ไดอะล็อกบ็อกซ์สำหรับสร้างไฟล์นามสกุล dwg (Drawing File)*

เลือกออบเจ็กต์ (Objects) ที่อยู่บนวินโดวส์หลักของซอฟต์แวร์ออโตแคด เช่นกลไก ตำแหน่งเงื่อนไข 3 ตำแหน่ง และแบบจำลองภาวะเงื่อนไขของลักษณะงานจริง โดยเลือกทุกออบเจ็กต์ทั้งหมดแล้วกดปุ่ม ENTER

### 5.4.8 เรียกไฟล์กลไกมาใช้งาน

พิมพ์คำสั่ง insert ที่คอมมานไลน์ของซอฟต์แวร์ออโตแคด แล้วพิมพ์ชื่อไฟล์กลไกที่ได้จัดเก็บไว้แล้วในแฟ้มข้อมูลที่เป็นฐานข้อมูลที่ผู้ใช้ได้กำหนดไว้ (ดูในภาคผนวก) แล้วลากเมาส์ไปวางไว้บนวินโดวส์หลักของซอฟต์แวร์ออโตแคด จากนั้นกด ENTER รูปของกลไกและภาวะเงื่อนไขของลักษณะงานที่ได้จัดเก็บไว้ทั้งหมดก็จะปรากฏอยู่บนหน้าจอ

### 5.4.9 ขั้นตอนการนำกลไกชุดหนึ่งต่อกับกลไกอีกชุดหนึ่ง

1. เรียกไฟล์กลไกที่ต้องการจะมาประกอบเป็นกลไกอีกชุดหนึ่งมาใช้งานตามขั้นตอนในหัวข้อ 5.4.8

2. เลือกคำสั่ง เป็นคำสั่งเพื่อกำหนดให้กลไกที่ผู้ใช้เลือกเป็นกลไกหลัก

3. เรียกไฟล์กลไกที่ต้องการจะมาประกอบกับกลไกชุดแรก โดยทำตามขั้นตอนในหัวข้อ 5.4.8

4. เลือกคำสั่ง เป็นคำสั่งเพื่อกำหนดให้กลไกที่ผู้ใช้เลือกเป็นกลไกรอง

5. ลบก้านต่อที่อยู่กับที่ของกลไกรอง และลบก้านต่อที่จะเชื่อมกับกลไกหลัก

6. เลือกคำสั่ง เพื่อเชื่อมก้านต่อที่อยู่กับที่และก้านต่อที่ต้องการเชื่อมกับก้านต่อของกลไกหลัก ให้เป็นก้านต่อเดียวกัน

7. เลือกที่ตำแหน่งรอยต่อของก้านต่อที่ยึดอยู่กับที่ของกลไกรอง โดยก้านต่อที่ยึดอยู่กับที่ของกลไกหลักจะต้องเพิ่มลำดับของก้านต่อให้สูงขึ้น เพื่อสามารถต่อกับก้านต่อที่ยึดอยู่กับที่ของกลไกรองที่ตำแหน่งรอยต่อที่ผู้ใช้เลือก

8. เลือกที่ตำแหน่งรอยต่อของก้านต่อที่จะเชื่อมระหว่างกลไกรองกับกลไกหลัก โดยก้านต่อที่จะเชื่อมของกลไกหลัก จะต้องเพิ่มลำดับของก้านต่อให้สูงขึ้น เพื่อสามารถต่อกับก้านต่อของกลไกรองที่ตำแหน่งรอยต่อที่ผู้ใช้เลือก

9. เลือกก้านต่อของกลไกหลักที่จะต้องเพิ่มลำดับของก้านต่อให้สูงขึ้น เพื่อที่จะเชื่อมกับก้านต่อของกลไกรอง

10. เลือกคำสั่ง เพื่อกำหนดเงื่อนไขบังคับกับก้านต่ออีกครั้ง โดยทำตามขั้นตอนตั้งแต่หัวข้อ 5.4.2 เป็นต้นไป ก็จะได้กลไกใหม่อีกชุดหนึ่ง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย