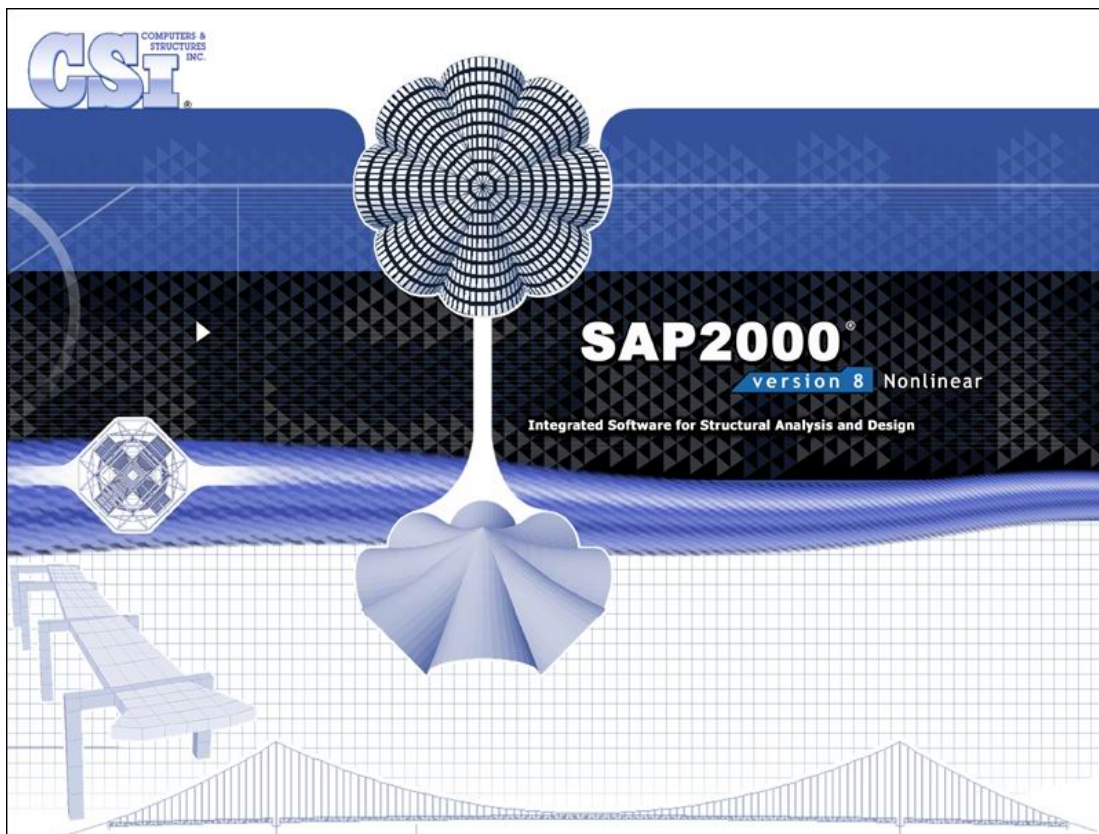


# คู่มือ การใช้งาน



เรียนรู้ง่าย ใช้งานได้จริง อธิบายด้วยภาพทุกขั้นตอน



ทุกสิ่งทุกอย่างล้วนมีที่มาที่ไปและด้วยเทคโนโลยี การก้าวไปสู่การเป็นผู้นำจะต้องมีการแข่งขันและแสวงหาสิ่งที  
อำนวยความสะดวกและใช้งานได้อย่างง่ายไม่ยุ่งยาก และด้วยยุคที่มีคอมพิวเตอร์เป็นเครื่องช่วยเหลือต่อการทำงานจน  
บางครั้งคอมพิวเตอร์กลับมากลายเป็นปัจจัยที่ 5 ในชีวิตการทำงานของบุคคลโดยทั่วไป

ในส่วนของคุณมือเล่มนี้จัดทำขึ้นเพื่อเป็นส่วนหนึ่งในการทำ Project เพื่อประกอบในการจบการศึกษา โดย  
จุดประสงค์หลักของคุณมือนี้ทำเพื่อศึกษาการใช้งานและเรียนรู้สิ่งที่ยู่เหนือจากคำว่า ตำราเรียน และยังสามารถเป็นคู่มือ  
ในการใช้งานของผู้ที่มีความสนใจใน software ตัวนี้ ผู้จัดทำจึงได้ทำการศึกษาและได้จัดทำเป็นรูปเล่มขึ้น

ในการใช้งานเกี่ยวกับการวิเคราะห์โครงสร้างที่มีรูปแบบที่แตกต่างมากมาย นั้นเป็นที่ทราบกันดีว่าในปัจจุบันมีการนำ  
Software หรือ Application ที่ใช้ในการจัดการวิเคราะห์โครงสร้างมาใช้กันมาก และ Sap 2000 Nonlinear ของบริษัท  
Computers and Structures, Inc. 1995 University Avenue Berkeley, California 94704 USA ก็เป็น Software  
ทางด้านการวิเคราะห์โครงสร้างที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย ในหนังสือเล่มนี้จะเป็นการกล่าวถึงวิธีการวิเคราะห์โครงสร้างโดย  
การใช้งาน Sap 2000 Nonlinear อย่างเป็นขั้นตอน โดยที่สามารถเรียนรู้การใช้งาน Sap 2000 Nonlinear ได้ตั้งแต่ผู้ที่  
ต้องการเริ่มต้นใช้งานไปจนถึงผู้ที่เคยใช้งานมาบ้างแล้ว

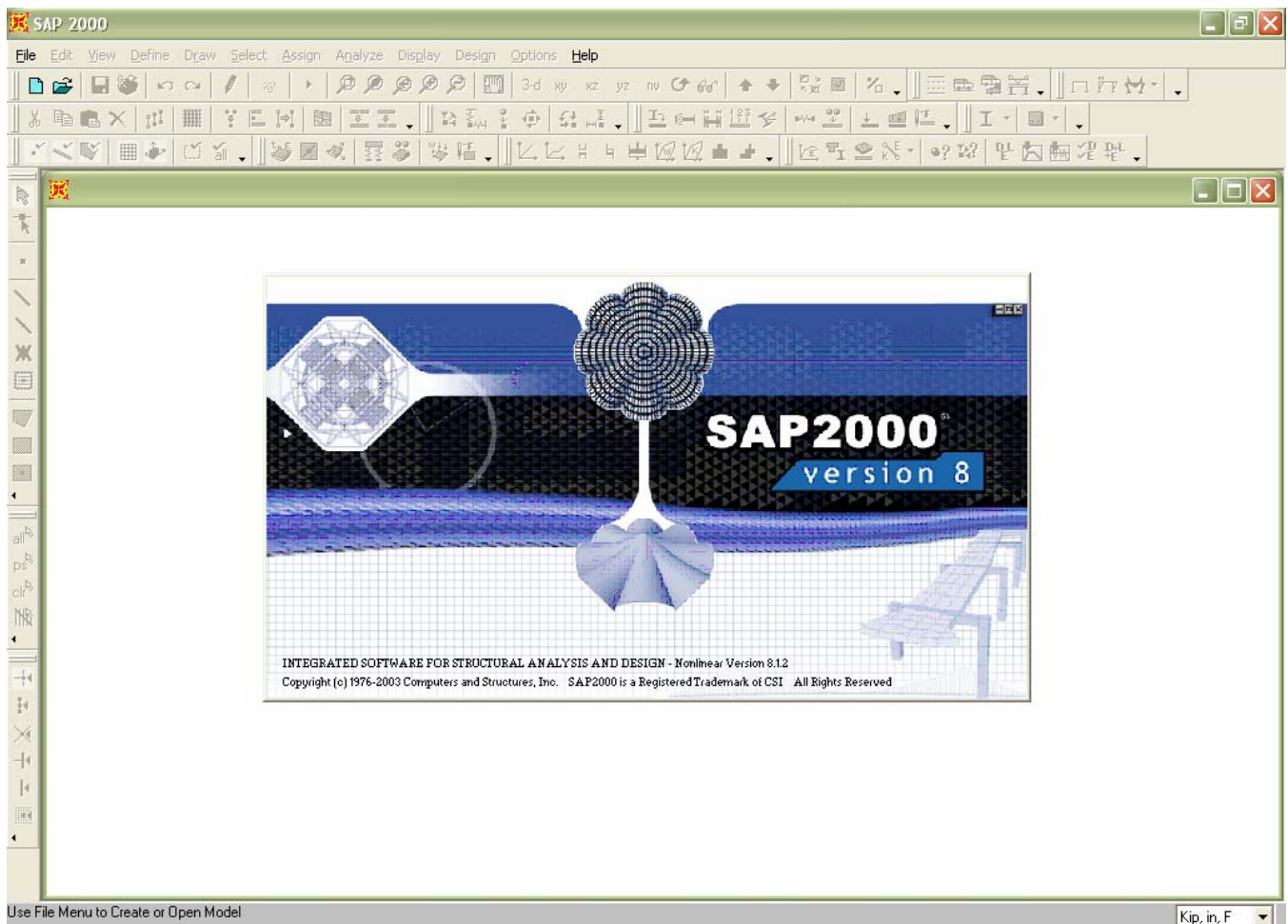
จากการที่ได้ศึกษาทางด้านการใช้งานของ Sap 2000 Nonlinear ผู้เขียนหวังเป็นอย่างยิ่งว่าผู้อ่านจะสามารถนำไปพัฒนางาน  
ของท่านให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

สุพจน์ สุขเจริญชัยกิจ



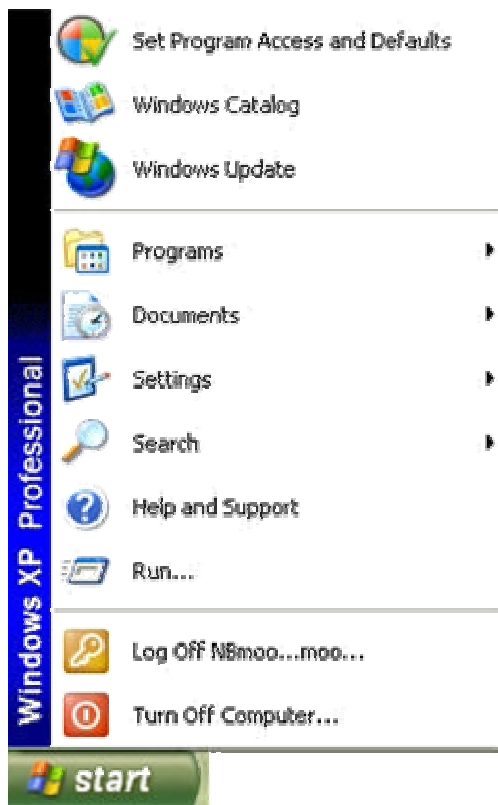
## เริ่มต้นกับ Sap 2000 Nonlinear

รูปที่ 1



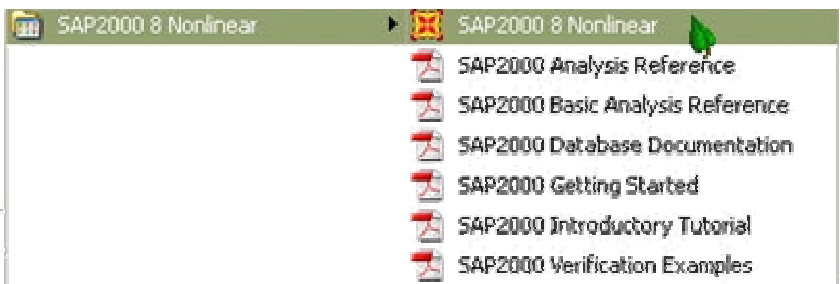
Sap 2000 Nonlinear นั้นเป็น Software ที่ทำงานภายใต้ระบบ ปฏิบัติการ windows NT ,Windows XP หรือ Windows 2000 นั่นก็คือ หากเราต้องการใช้งาน Sap 2000 Nonlinear นั้น ก่อนอื่นเลยเราจะต้องทำงานบนระบบ ปฏิบัติการ windows NT ,Windows XP หรือ Windows 2000 จึงจะสามารถที่จะทำการติดตั้ง Sap 2000 Nonlinear ได้ ซึ่งท่านใดยังคงใช้ระบบปฏิบัติการ Windows 98 หรือ Windows Me อยู่จำเป็นจะต้องทำการติดตั้งระบบปฏิบัติการ windows NT ,Windows XP หรือ Windows 2000 เสียก่อน

เมื่อเราทำการติดตั้ง Sap 2000 Nonlinear เรียบร้อยแล้วเราสามารถที่จะเรียกใช้งาน Sap 2000 Nonlinear ได้ โดยการคลิกที่ปุ่ม Start / Programs / Sap 2000 8Nonlinear / Sap 2000 8Nonlinear



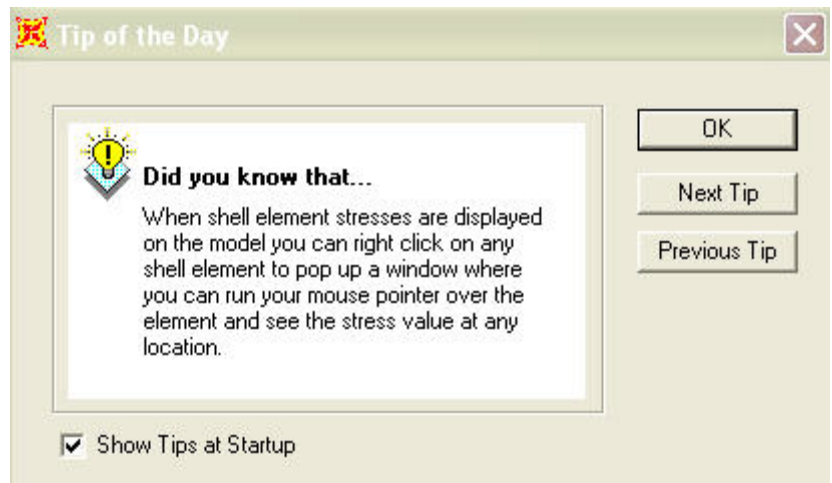
รูปที่ 2

เมื่อกดปุ่ม OK โปรแกรมจะทำการแสดงดังรูปที่ 3



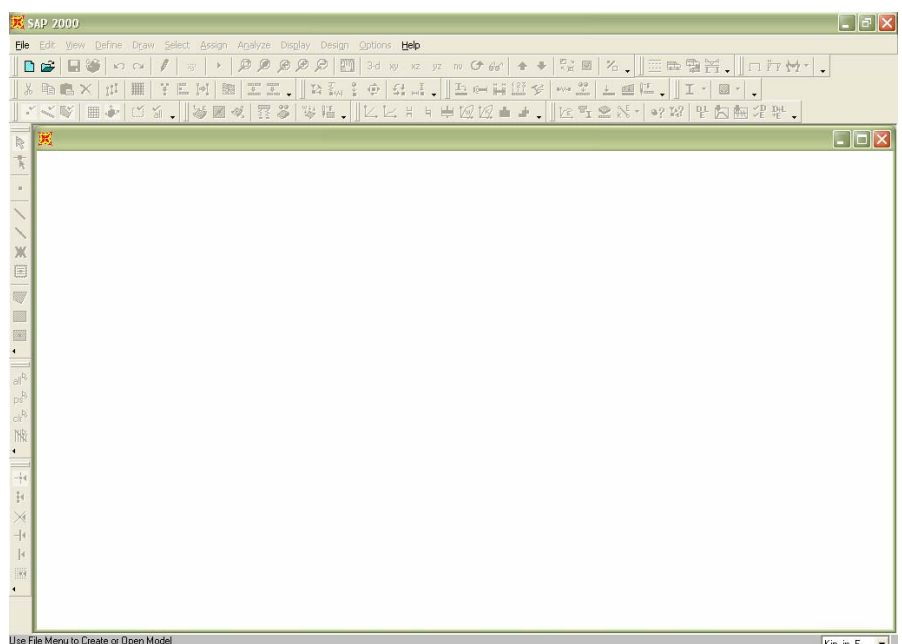
## เริ่มการใช้งาน Sap 2000 Nonlinear

เมื่อเริ่มเรียกการใช้งาน Sap 2000 8 Nonlinear ระบบปฏิบัติการจะทำการเรียก โปรแกรมขึ้นมาดัง รูปที่ 1 และจะมีหน้าต่างที่แสดงเทคนิคในการใช้งานในแต่ละวันดัง รูปที่ 2



รูปที่ 3

เมื่อกดปุ่ม OK โปรแกรมจะทำการแสดงดังรูป



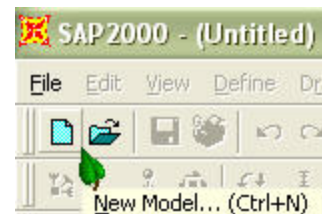
## New Model

เริ่มต้นการสร้าง Model โดยเราสามารถเริ่มต้นการสร้างได้โดยการเอาเมาส์ไปคลิกได้ 2 ที่ คือ

1. คลิกที่ปุ่ม File / New Model... หรือ กด Ctrl+N

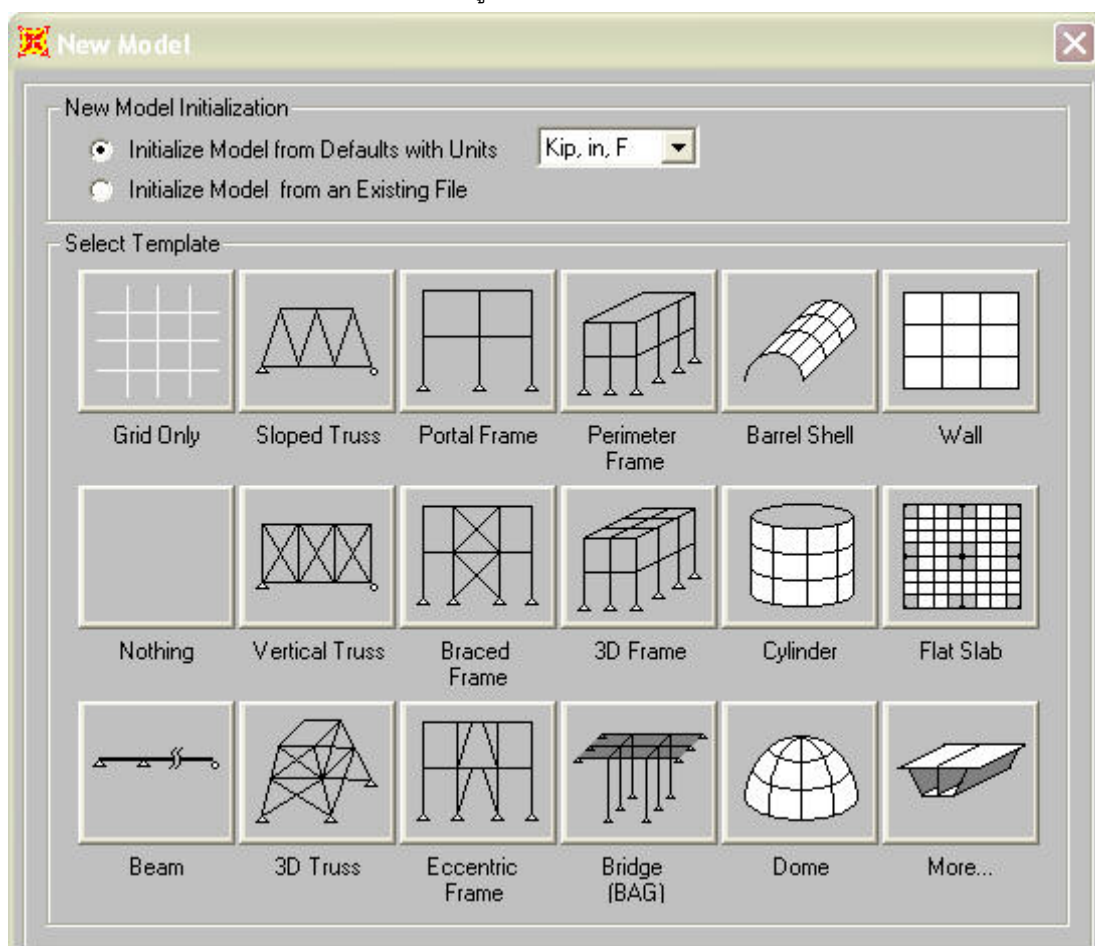


2. คลิกได้ที่ในส่วนของ Toolbars



## รูปแบบ Model

เมื่อเราทำการคลิกในส่วนของ New Model... แล้ว โปรแกรมจะทำการแสดงหน้าต่างขึ้นมาช่วยในการกำหนดรูปแบบของโครงสร้างที่จะมาทำการวิเคราะห์ ดัง รูปที่ 4



รูปที่ 4 หน้าต่างแสดงรูปแบบของโครงสร้าง



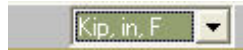


# Units

## ระบบหน่วย Current Units

หน่วยที่ใช้ในการวิเคราะห์โครงสร้างเราสามารถกำหนดได้ 2 ส่วนด้วยกันดังนี้

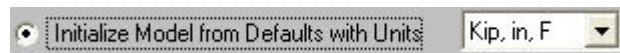
1. เมื่อเปิดหน้าต่างในส่วนของการเทคนิคในการใช้ในแต่ละวันแล้วเราจะเห็นในส่วนของการกำหนดหน่วยที่ใช้ได้ทางด้านมุมล่างขวาสุดของหน้าจอ



2. เมื่อกดเพื่อสร้าง New Model แล้วจะมีหน้าต่างปรากฏดัง รูปที่ 4 จะเห็นว่าในรูปที่ 4 ในส่วนบนของภาพ จะเป็นส่วนของ New Model Initialization ซึ่งจะเป็นส่วนที่ใช้ในการกำหนดหน่วยที่ใช้ในโครงสร้างซึ่งจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนย่อยอีก คือ

2.1 ในส่วนที่เริ่มต้นโดยใช้หน่วยโดยทั่วไป (Initialize Model from Defaults with units)

ซึ่งหน่วยในส่วนนี้จะมีดังนี้



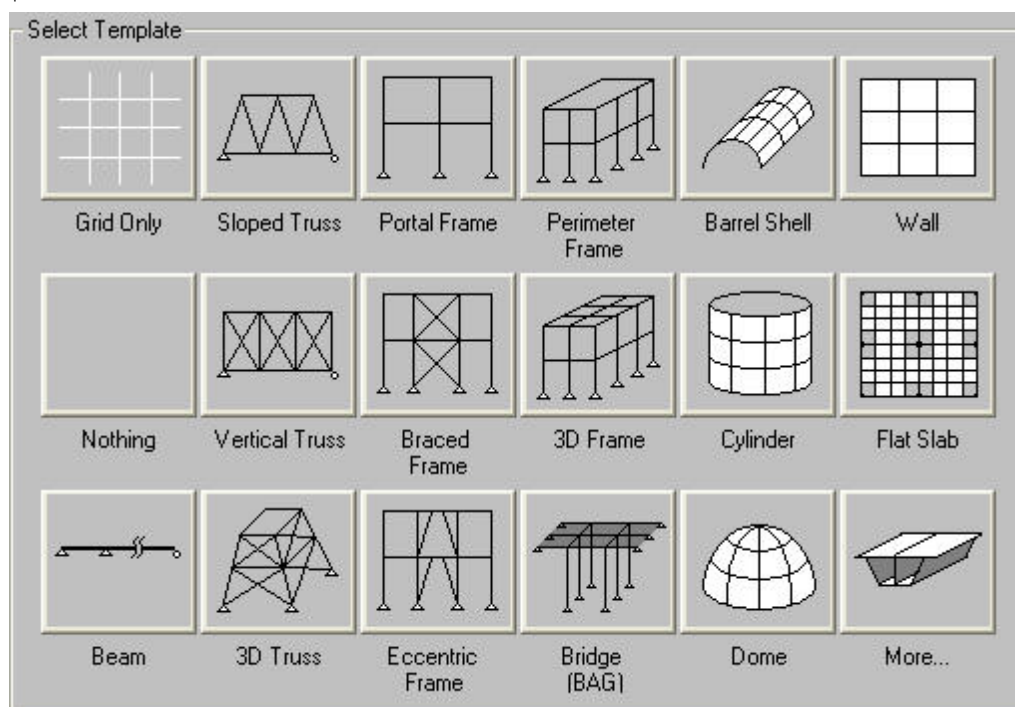
Ib,in,F / Ib,ft,F / Kip,in,F / Kip,ft,F / KN,mm,C / KN,m,C / Kgf,mm,C / Kgf,m,C / N,mm,C / N,m,C / Ton,mm,C / Ton,m,C / KN,cm,C / Kgf,cm,C / N,cm,C / Ton,cm,C เป็นต้น

2.2 ในส่วนที่เป็นไฟล์ที่ใช้หน่วยนานสกุลอื่น (Initialize Model from an Existing File)

## รูปแบบโครงสร้าง (Select Template)



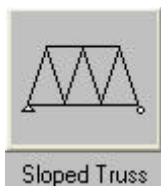
เมื่อเราได้คลิกที่ New Model แล้วหน้าจอจะเป็นดังรูปที่ 4 ซึ่งจะเห็นได้ว่าในส่วนล่างของรูปที่ 4 จะเป็นรูปแบบต่างๆของโครงสร้างซึ่งจะอธิบายดังต่อไปนี้





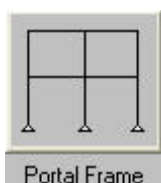
## Grid Only

เป็นส่วนที่จะไม่มีการกำหนดรูปแบบของโครงสร้างโดยโปรแกรมจะให้ผู้ใช้งานสามารถกำหนดเพียงขอบเขตในการใช้พื้นที่ทั้งหมดของโครงสร้าง



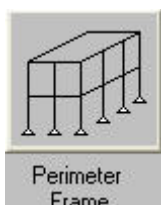
## Sloped Truss

เป็นส่วนของการกำหนดรูปแบบของโครงสร้างที่เป็นรูปแบบของสะพานที่มีเสาเอียง



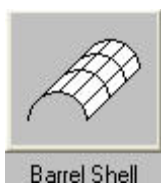
## Portal Frame

เป็นส่วนของการกำหนดรูปแบบของโครงสร้างที่เป็นรูปแบบของกรอบประตูหรือในลักษณะของชั้น



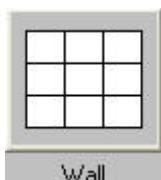
## Perimeter Frame

เป็นส่วนของการกำหนดรูปแบบของโครงสร้างที่เป็นรูปแบบของแนวของกรอบประตู



## Barrel Shell

เป็นส่วนของการกำหนดรูปแบบของโครงสร้างที่เป็นรูปแบบของลักษณะท่อยาว



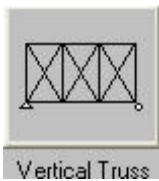
## Wall

เป็นส่วนของการกำหนดรูปแบบของโครงสร้างที่เป็นรูปแบบของกำแพง



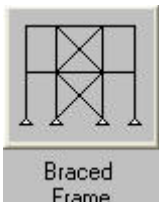
Nothing

**Nothing** เป็นการไม่กำหนดสิ่งใดๆเลยของโครงสร้าง (ใช้ในการเปิดแฟ้มงานอื่น)



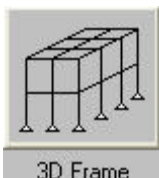
Vertical Truss

**Vertical truss** เป็นส่วนของการกำหนดรูปแบบของโครงสร้างที่เป็นรูปแบบของสะพานที่มีเสาดตรง



Braced  
Frame

**Braced Frame** เป็นส่วนของการกำหนดรูปแบบของโครงสร้างที่เป็นรูปแบบของกรอบประตูหรือในลักษณะของชั้นที่มีการยึดหรือเหนี่ยวรั้ง



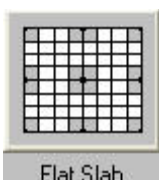
3D Frame

**3D Frame** เป็นส่วนของการกำหนดรูปแบบของโครงสร้างที่เป็นรูปแบบกรอบโครงสร้างที่เป็นรูป 3 มิติ



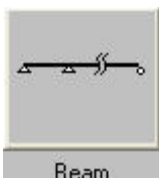
Cylinder

**Cylinder** เป็นส่วนของการกำหนดรูปแบบของโครงสร้างที่เป็นรูปแบบของทรงกระบอก



Flat Slab

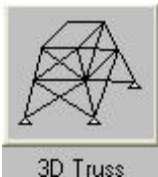
**Flat Slab** เป็นส่วนของการกำหนดรูปแบบของโครงสร้างที่เป็นรูปแบบของแผ่นพื้น



Beam

**Beam** เป็นส่วนของการกำหนดรูปแบบของโครงสร้างที่เป็นรูปแบบของคาน

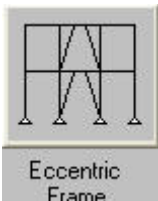




3D Truss

## 3D Truss

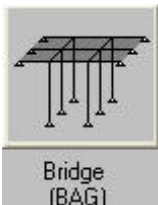
เป็นส่วนของการกำหนดรูปแบบของโครงสร้างที่เป็นรูปแบบของโครงสร้างเสา 3 มิติ



Eccentric Frame

## Eccentric Frame

เป็นส่วนของการกำหนดรูปแบบของโครงสร้างที่เป็นรูปแบบของกรอบของโครงสร้างที่ผิดปกติ



Bridge (BAG)

## Bridge[BAG]

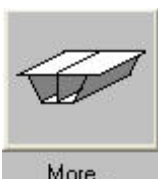
เป็นส่วนของการกำหนดรูปแบบของโครงสร้างที่เป็นรูปแบบของโครงสร้างของการทำสะพานโดยทั่วไป



Dome

## Dome

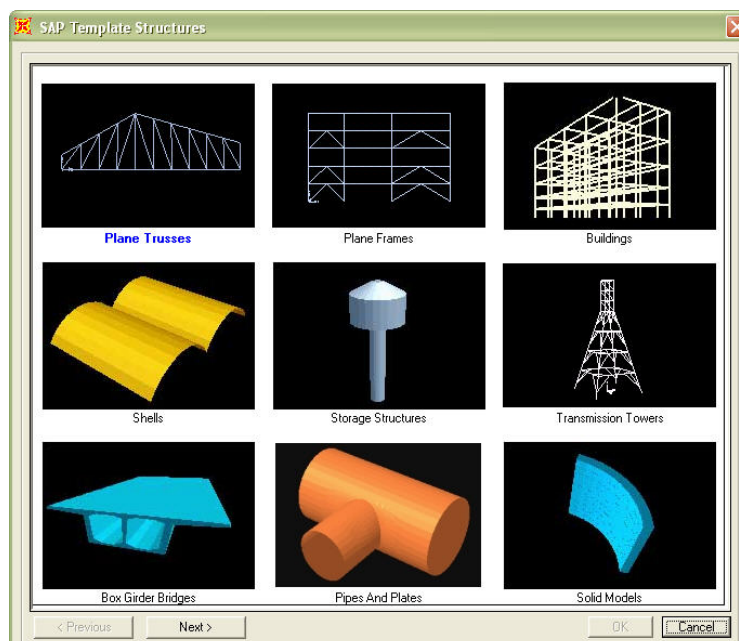
เป็นส่วนของการกำหนดรูปแบบของโครงสร้างที่เป็นรูปแบบของโครงสร้างโดม



More...

## More...

เป็นส่วนของรูปแบบอื่นๆ ซึ่งมีรูปแบบดังรูปที่ 5



## รูปที่ 5

เป็นรูปแบบโครงสร้างแบบต่างๆ ซึ่งเราสามารถเลือกได้

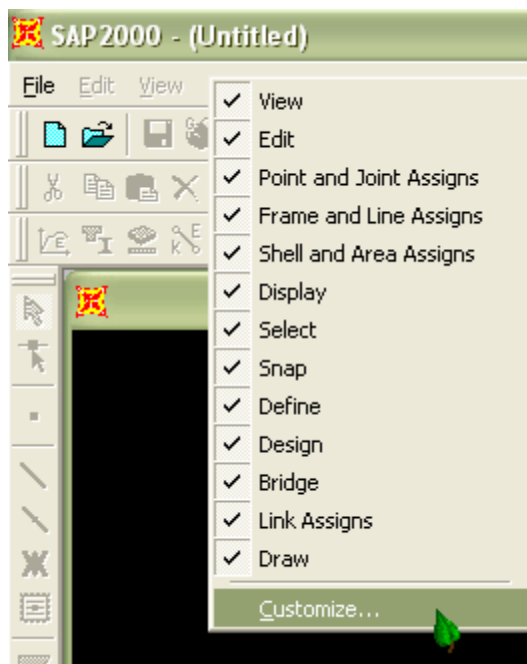


# Toolbar

## การใช้แถบเครื่องมือ



แถบเครื่องมือ (Toolbar) จะเป็นที่รวบรวมปุ่มเครื่องมือต่างๆ ที่แสดงบนหน้าจอตลอดเวลา โดยเมื่อจะใช้ก็เพียงแค่คลิกที่ปุ่มที่ต้องการเท่านั้น ทำให้เรียกคำสั่งที่ใช้อยู่ได้สะดวกกว่าเรียกจากเมนูที่อาจมีหลายชั้น ในส่วนของ Sap 2000 Nonlinear ก็มีการจัดเครื่องมือหรือปุ่มคำสั่งออกเป็นกลุ่มๆ ตามประเภทการใช้งาน ดังรูปที่ 6

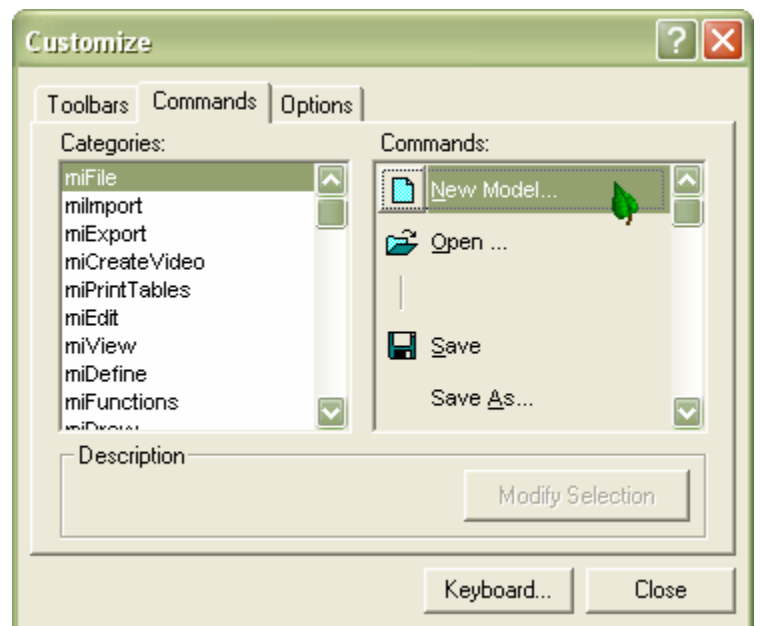


ซึ่งเราสามารถที่จะทำการเลือกแถบเครื่องมือได้โดยการคลิกเมาส์ด้านขวาตรงบริเวณไหนก็ได้บนแถบ Toolbar ซึ่งจะแสดงดังใน รูปที่ 6 เราสามารถคลิกเพื่อเลือกแถบเครื่องมือได้ตามชนิดที่มีในแถบที่มีให้เลือก

รูปที่ 6

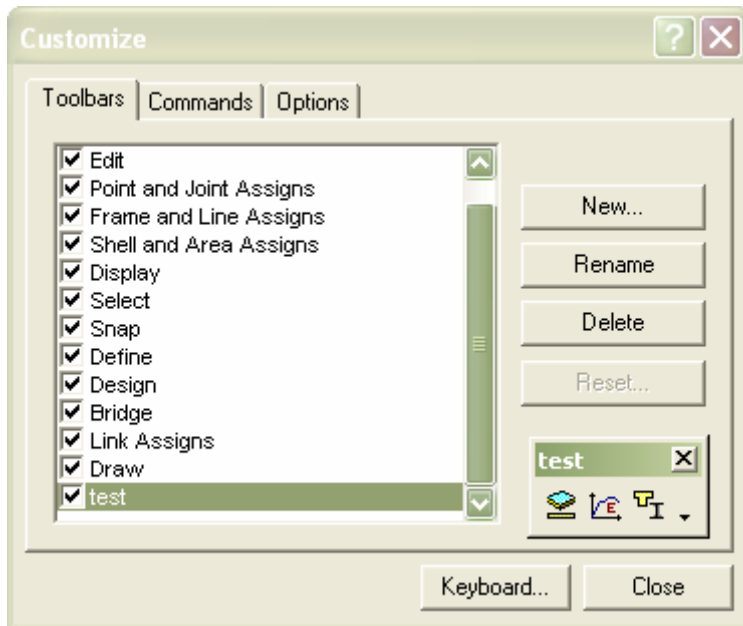
ซึ่งในส่วนของปุ่มเครื่องมือเราสามารถที่จะเลือกเป็นเจาะจงบางปุ่มได้โดยคลิกที่ในส่วนของ Customize...

แล้วโปรแกรมจะแสดงหน้าต่างดังภาพใน รูปที่ 7



รูปที่ 7

เราสามารถที่จะดึงปุ่มเครื่องมือออกมาวางในแถบ Toolbar ข้างบนได้เลย



### ในส่วนของ Toolbars ของ Customize

จะมีให้เราสามารถเลือกสามารถจับเอาปุ่มต่าง  
ต่างมาไว้รวมกลุ่มกันได้เป็นส่วนเฉพาะของเราเองโดยเรา  
คลิกในส่วนของ New... ดัง ในภาพดังรูปที่ 8

#### รูปที่ 8

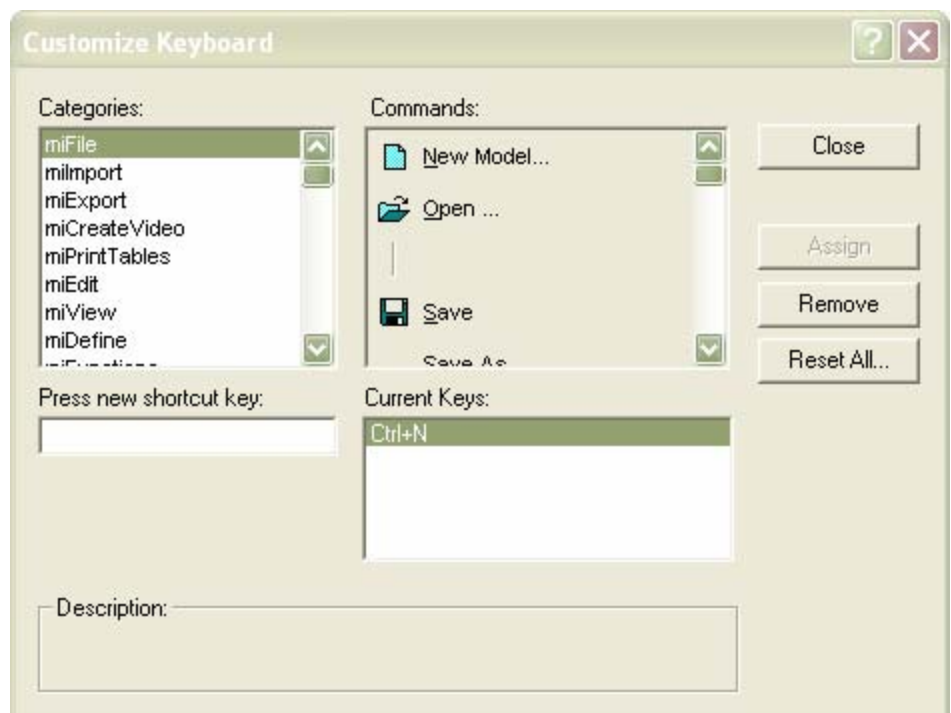
เราสร้าง Toolbar ที่ชื่อว่า test แล้วเราไปส่วน  
ของ Commands แล้วเราก็ดึงปุ่มเครื่องมือ  
ออกมาได้เลย

## Shortcut Key

ในการทำงานเราสามารถ  
ลดเวลาในการใช้เมาส์โดยการกด  
Shortcut Key ซึ่งในที่นี้เรา  
สามารถกำหนด Shortcut Key  
ของเราเองได้โดยคลิกที่ปุ่ม  
Keyboard... แล้วโปรแกรมจะ  
แสดงผลดังรูปที่ 9

#### รูปที่ 9

เราสามารถเลือกกลุ่ม  
คำสั่งและเลือกปุ่มที่เราใช้บ่อยๆ  
และสามารถเปลี่ยน การเรียกใช้  
ปุ่มคำสั่งได้



เราจะมาอธิบายในแต่ละส่วนของ Toolbar กันเลย โดยเราจะเริ่มเป็นลำดับจาก

## 1. View

เป็นส่วนที่ใช้ปรับเปลี่ยนมุมมองและการมอง โครงสร้าง

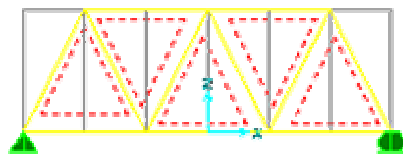
ในมุมมองต่างๆ โดยมีปุ่มดังนี้ ซึ่งจะอธิบาย โดยยกตัวอย่าง

เป็นภาพประกอบ เช่น ดังในภาพจะเห็นได้ว่าโครงสร้างจะมีทั้งส่วนที่เป็นทั้ง Joints (จุดรับแรง),

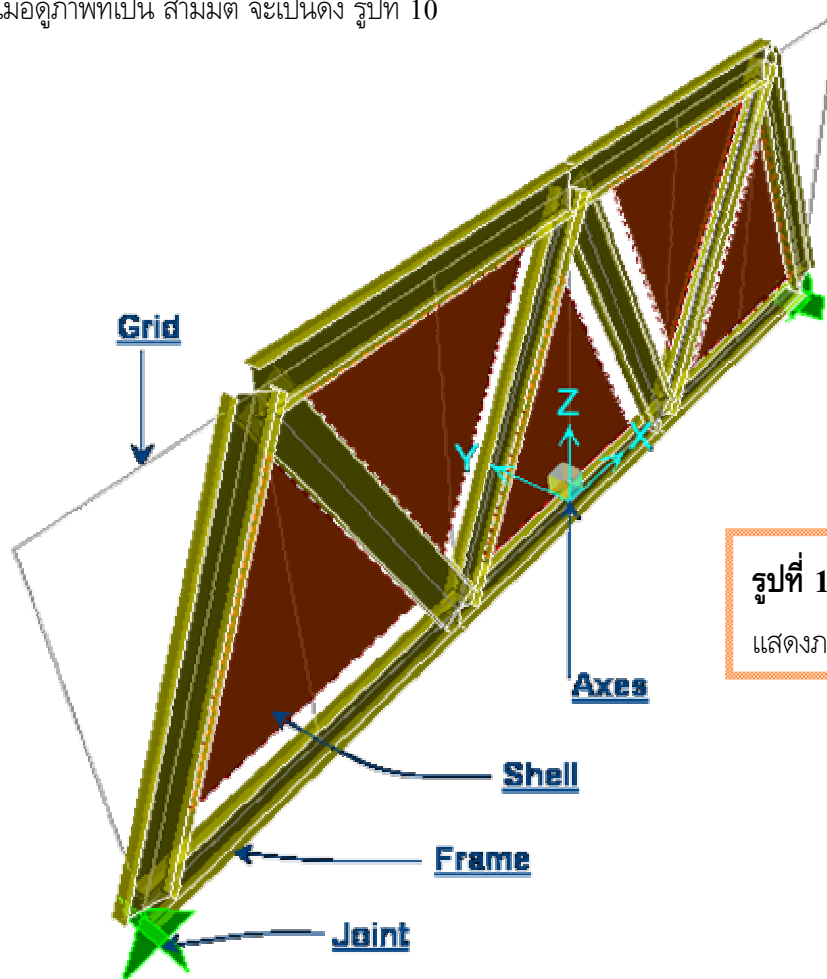
Frames (โครงเหล็ก) , shells (แผ่นพื้น), Grid (เส้นโครงร่าง)

, Axes (เส้นบอกแกน), Selection Only (เฉพาะส่วนที่เลือก),

All (ส่วนทั้งหมด) ตามลำดับ



ซึ่งเมื่อดูภาพที่เป็น สามมิติ จะเป็นดัง รูปที่ 10

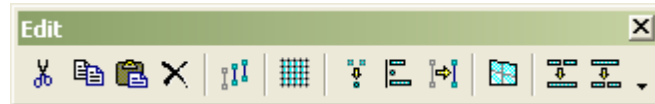


รูปที่ 10

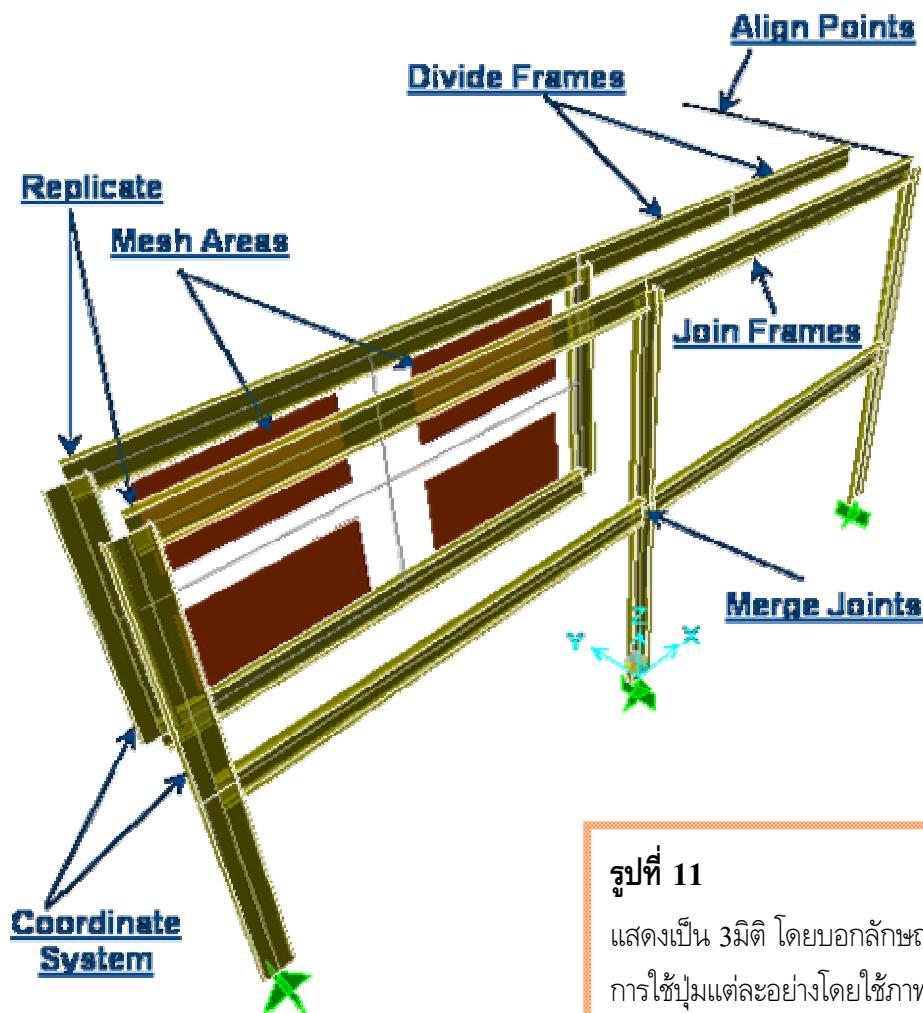
แสดงภาพ 3 มิติ

## 2. Edit

เป็นส่วนที่ใช้แก้ไขส่วนต่างๆของโครงสร้างซึ่งมีปุ่มดังนี้



ปุ่มแรกเป็นส่วน ของ Cut (ตัด), Copy (คัดลอก), Paste (วาง), Delete (ลบ), Replicate (ถอดแบบ), Coordinate System (ระบบร่วมนกัน), Merge Joints (รวมจุด), Align Points (ในแนวเดียวกัน), Move (ย้าย), Mesh Areas (แบ่งพื้นที่เป็นตาข่าย), Join Frame (รวมโครงสร้าง), Divide Frames (แบ่งโครงสร้าง) ดังรูปที่ 11



รูปที่ 11

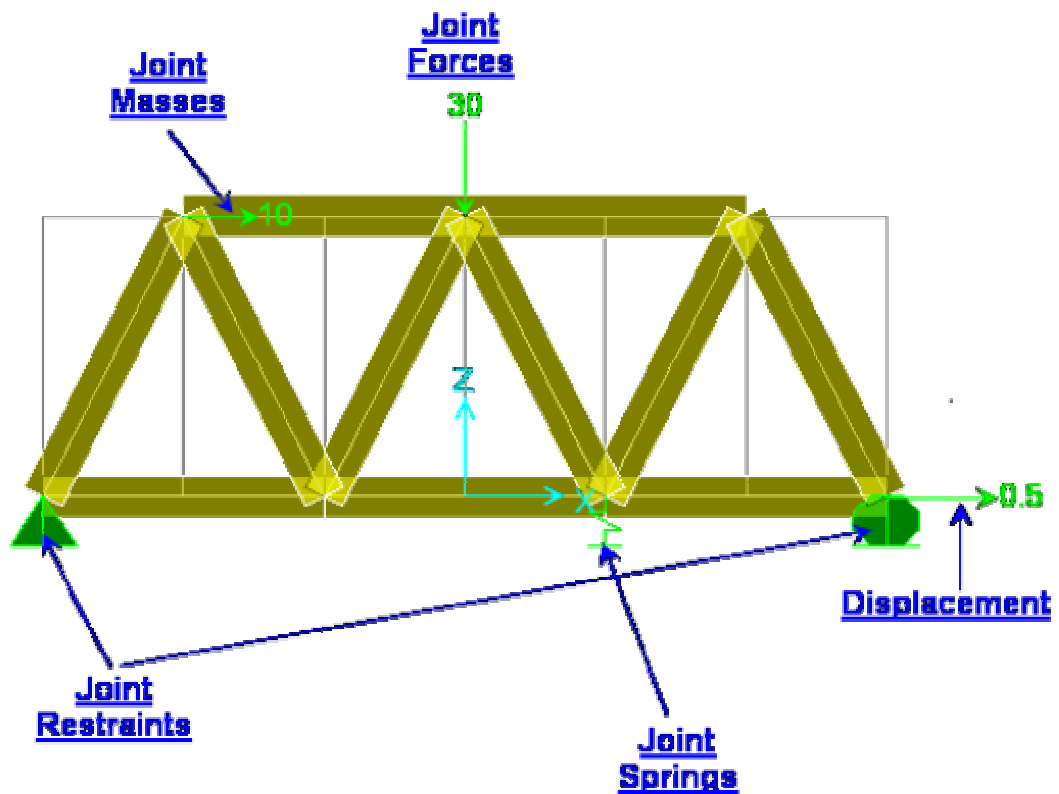
แสดงเป็น 3มิติ โดยบอกลักษณะ  
การใช้ปุ่มแต่ละอย่างโดยใช้ภาพ



### 3. Point and Joint Assigns เป็นส่วนที่ใช้แก้ไขส่วนที่เป็น จุด และ จุดต่อ (จุดรองรับ)ดังนี้



ปุ่มแรกเป็นส่วนของ Joint Restraints (จุดควบคุมหรือจุดรองรับ), Joint Springs (จุดรองรับแบบสปริง), Joint Masses (ใส่น้ำหนัก/โมเมนต์ (Inertia) ที่จุดต่อ), Panel Zones (เป็นส่วนที่เสริมโดยเชื่อมโยงกับโปรแกรมที่ชื่อว่า ETABS), Joint Forces (ใส่น้ำหนักที่กระทำจากภายนอกที่จุดต่อ/ใส่โมเมนต์ที่จุดต่อ), Displacement (เป็นการเคลื่อนที่ที่จุดรองรับ) ดังรูปที่ 12



รูปที่ 12

แสดงเป็น 3มิติ โดยบอกลักษณะ  
การใช้ปุ่มแต่ละอย่าง



#### 4. Frame and Line Assigns

เป็นปุ่มที่ใช้เปลี่ยนแปลงในส่วน of โครงสร้างในส่วนที่เป็น

Frame ของโครงสร้างดังนี้



ปุ่มแรกเป็นส่วนของ Frame Properties (คุณสมบัติของโครงสร้าง), Releases/Partial Fixity (แก้ปล่อย/ยึดเป็นบางส่วน), End(Length)offsets...(กำหนดตำแหน่งตอบจบของเฟรม), Output Stations...(กำหนดตำแหน่งการแสดงผล), Local Axes...(กำหนดมุมแกนหมุน), Line Spring...(กำหนดแนวสปริง), Line Mass...(กำหนดมวลในเฟรม), Point Loads...(กำหนดแรงกระทำเป็นจุด), Distributed Loads...(กำหนดแรงกระทำแบบการกระจาย), Temperature Loads...(กำหนดขนาดอุณหภูมิในเฟรม)

#### 5. Shell and Area Assigns

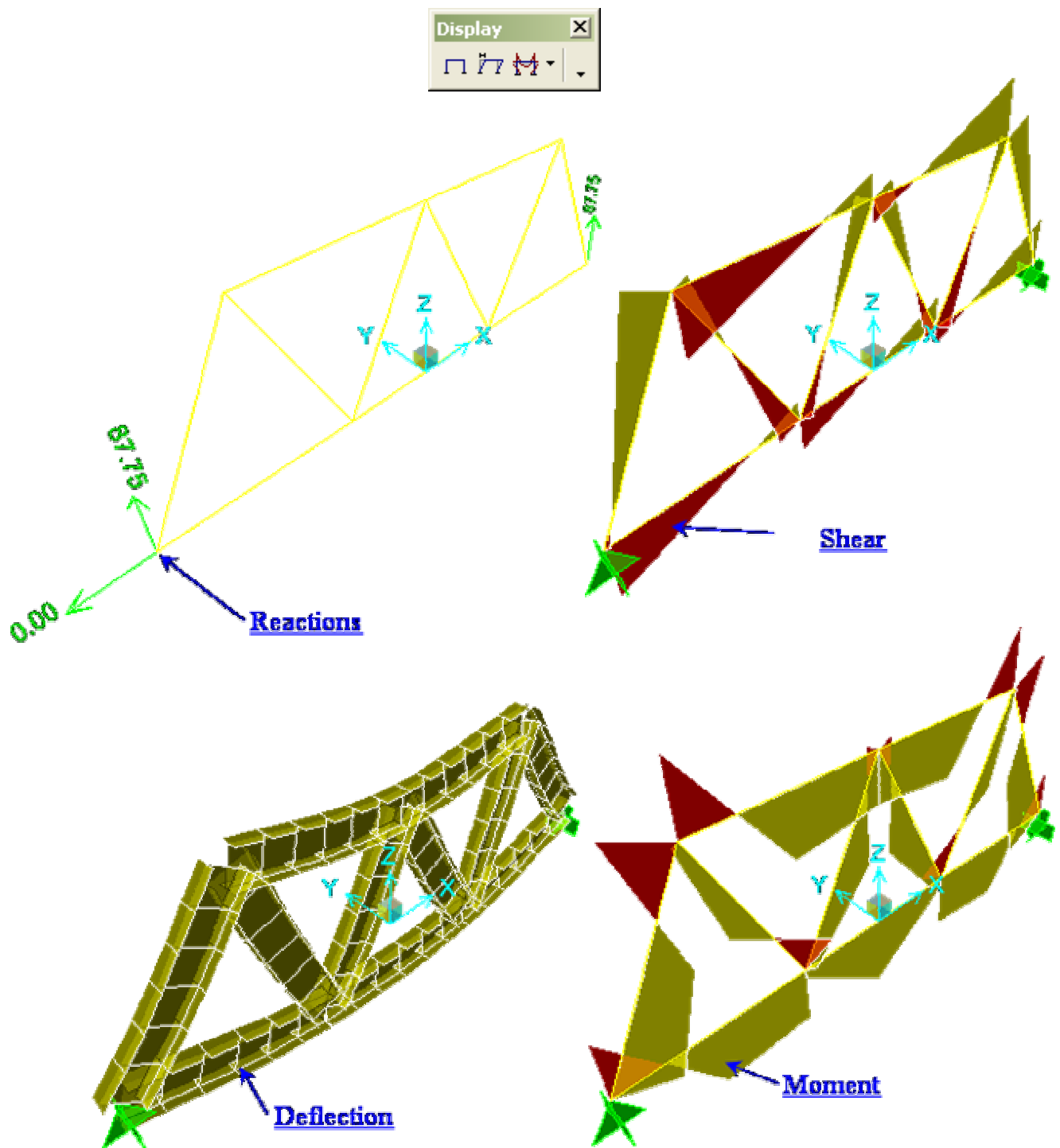
เป็นปุ่มที่ใช้เปลี่ยนแปลงในส่วน of โครงสร้างที่เป็นแผ่นพื้นหรือส่วนที่เป็นพื้นที่รับแรงดังนี้



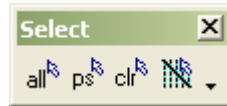
ปุ่มแรกเป็นส่วนของ Area Sections (คุณสมบัติของแผ่นพื้น), Area Stiffness Modifiers (แก้ไขคุณสมบัติความหนาและอื่นๆของแผ่นพื้น), Local Axes (เป็นส่วนที่ใช้ปรับมุมในการรับแรงของแผ่นพื้น), Area Springs (เป็นส่วนที่ใช้เปลี่ยนให้เป็นพื้นที่ที่มีสปริงรองรับ), Mass Area (เป็นส่วนที่เพิ่มมวลให้แก่แผ่นพื้น), Area Uniforms Load (เป็นส่วนที่ใช้ในการเพิ่มโหลดในแผ่นพื้น), Area Temperatures (เป็นส่วนที่เพิ่มอุณหภูมิให้แก่แผ่นพื้น)

## 6. Display

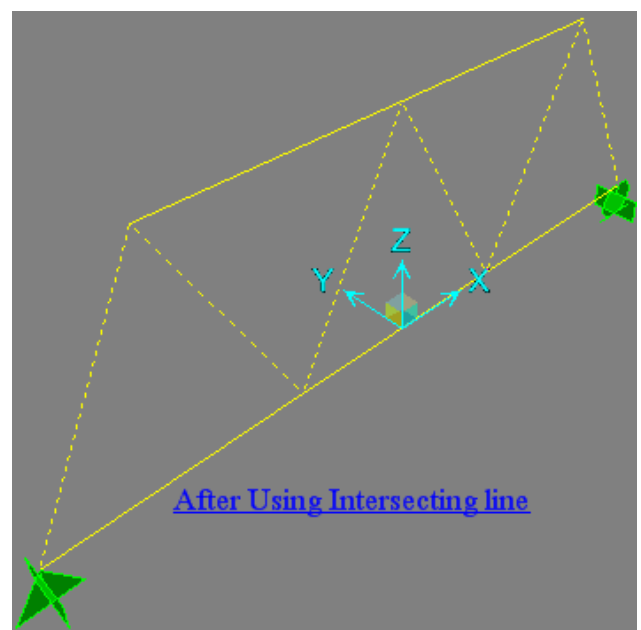
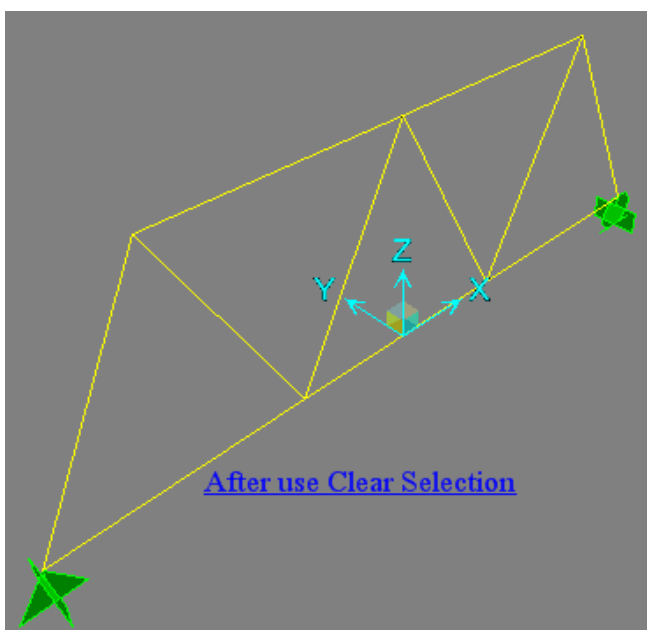
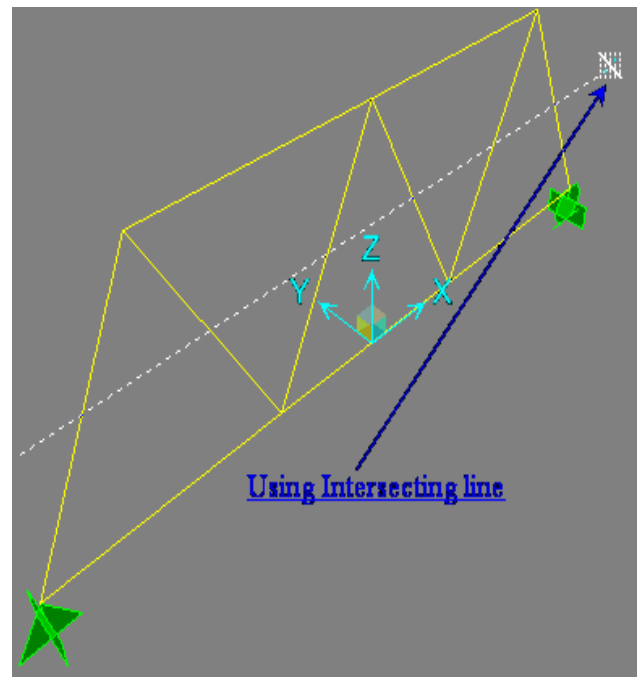
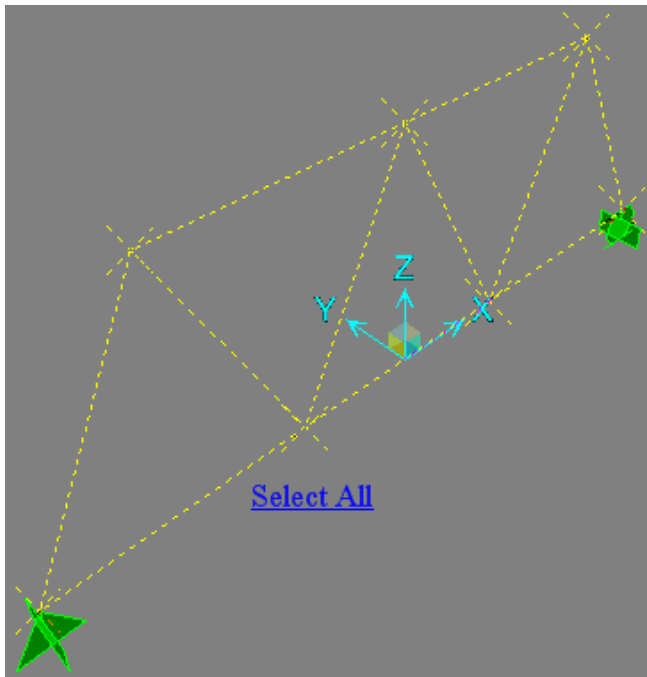
เป็นส่วนที่ใช้ดูการเปลี่ยนแปลงในรูปแบบต่างๆ ทั้งในส่วนที่เป็นการวิเคราะห์แรงและในส่วนของการดูระยะโก่ง , ดูโมเมนต์ , ดูแรงเฉือน และดูแรงปฏิกิริยาในตัวโครงสร้างดังนี้



## 7. Select เป็นส่วนที่ใช้ในการเลือกส่วนใดส่วนหนึ่งในโครงสร้างเพื่อทำการเปลี่ยนแปลงใดๆ

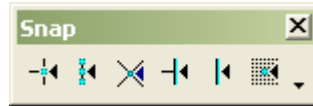


ปุ่มแรกเป็นส่วนของการเลือกจุดและเฟรมทั้งหมดในโครงสร้าง Select All (ใช้เลือกทั้งหมด),  
Get Previous Selection (การย้อนกลับไปเลือกส่วนที่เลือกผ่านมา), Clear Selection (การยกเลิกการเลือก),

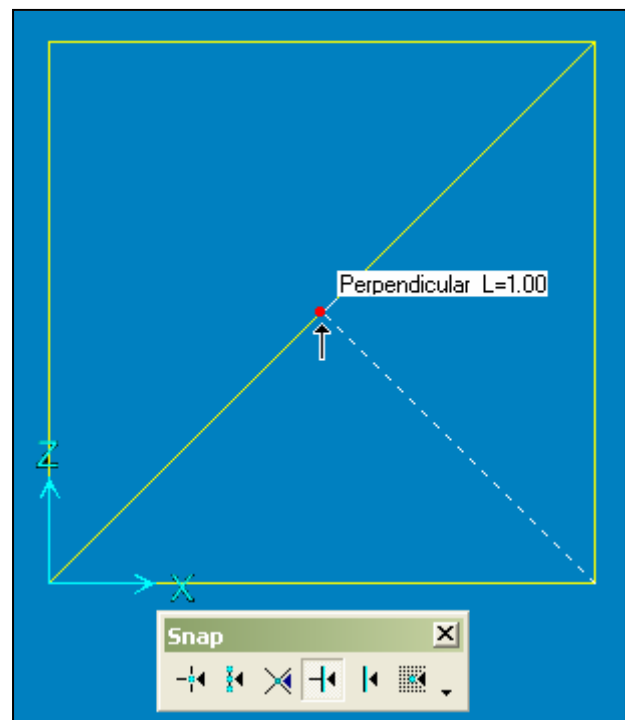
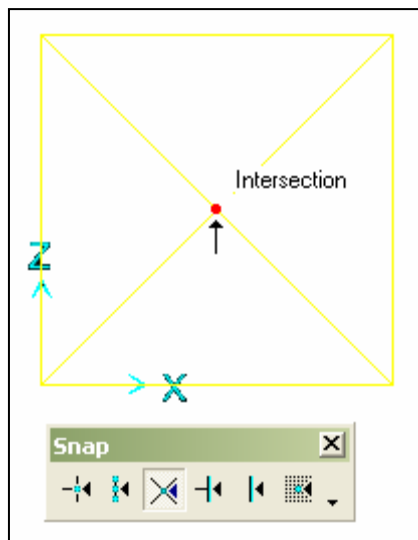
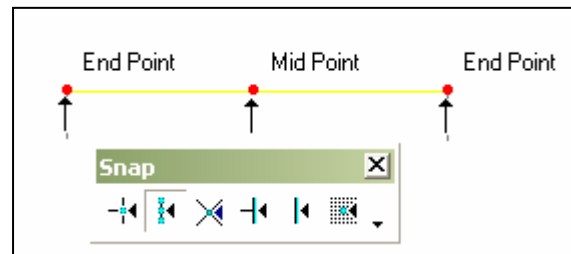
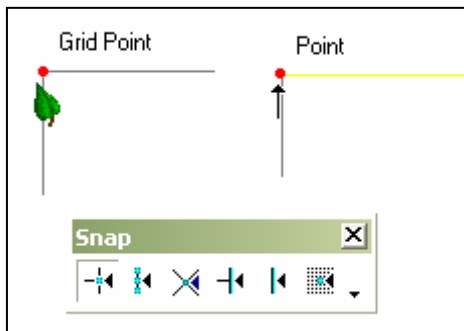


## 8. Snap

เป็นส่วนที่ในการกำหนดรูปแบบการเริ่มต้นและสิ้นสุดการเขียนเฟรมและเป็นเครื่องมือที่ใช้เชื่อมต่อของเฟรมอีกด้วย ดังนี้

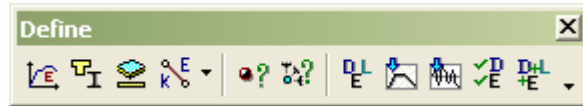


ปุ่มแรกเป็น Point and Grid Intersections (เป็นส่วนที่จุดและเส้นลายตัดกัน), End and Midpoint (เป็นส่วนที่จุดปลายและจุดกลางเส้นเฟรม), Intersection (จุดตัดหรือจุดตัดของเฟรม), Perpendicular Projections (เป็นการถ่ายเฟรมไปยังจุดที่ตั้งฉากกับเส้นเฟรมที่จะต่อกัน), Line and Edges (เป็นการลากตามเส้นและเส้นขอบ), Fine Grid (เป็นการลากเฟรมตามจุดตัดของเส้นโครงร่าง) ดังจะแสดงในภาพ

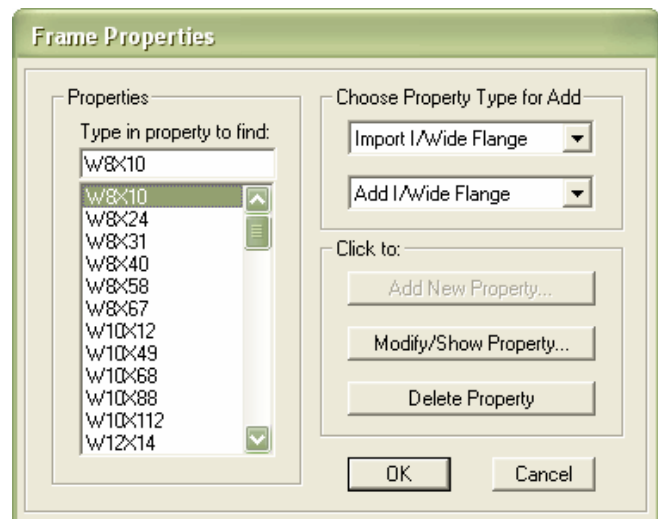
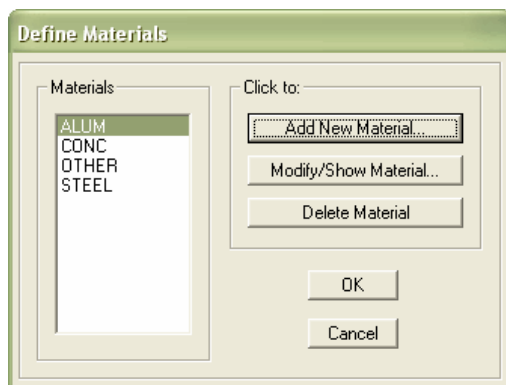




## 9. Define เป็นส่วนที่กำหนดประเภทและชนิดของวัสดุโดยแยกตามนี้



ปุ่มแรกคือ Define Materials... (เป็นการกำหนดชนิดของวัสดุ), Define Frame/Cable Sections... (เป็นการกำหนดหน้าตัดของเฟรม), Define Area Sections... (เป็นการกำหนดพื้นที่หน้าตัด), Define Link Properties... (เป็นการกำหนดเฟรมเป็นวัสดุต่างๆ), Define Mass Source... (เป็นการกำหนดที่มาของมวล), Define Joint Constraints... (เป็นการกำหนดจุดบังคับหรือจุดรองรับ), Define Loads... (เป็นการกำหนดประเภทของน้ำหนักบรรทุก), Define Response Spectrum Functions... (เป็นการกำหนดลักษณะรูปแบบของฟังก์ชันของคลื่นที่กระทำต่อวัสดุ), Define Time History Functions... (เป็นการกำหนดประวัติของการใช้งานของฟังก์ชัน), Define Analysis Cases... (เป็นการกำหนดรูปแบบของโครงสร้างให้เป็นแบบ Linear หรือ Nonlinear), Define Response Combination... (เป็นการกำหนดรูปแบบการตอบรับร่วมกัน)

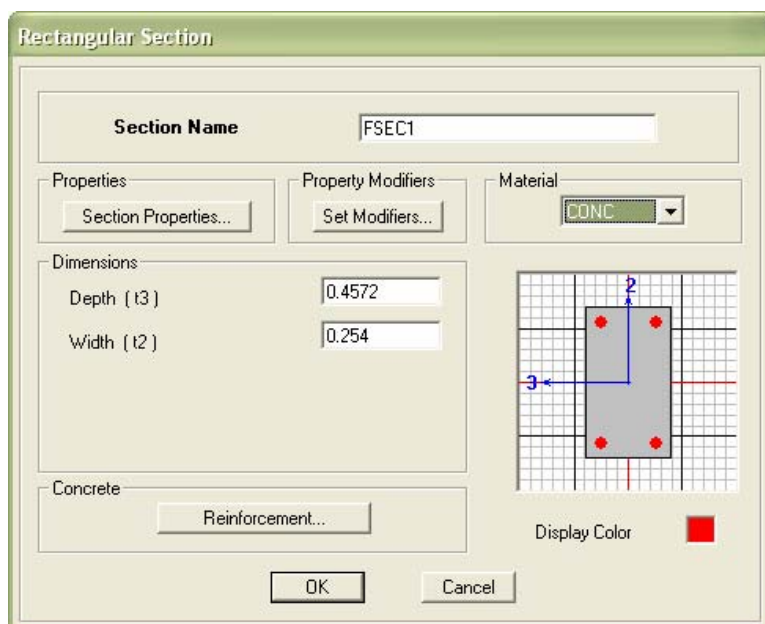
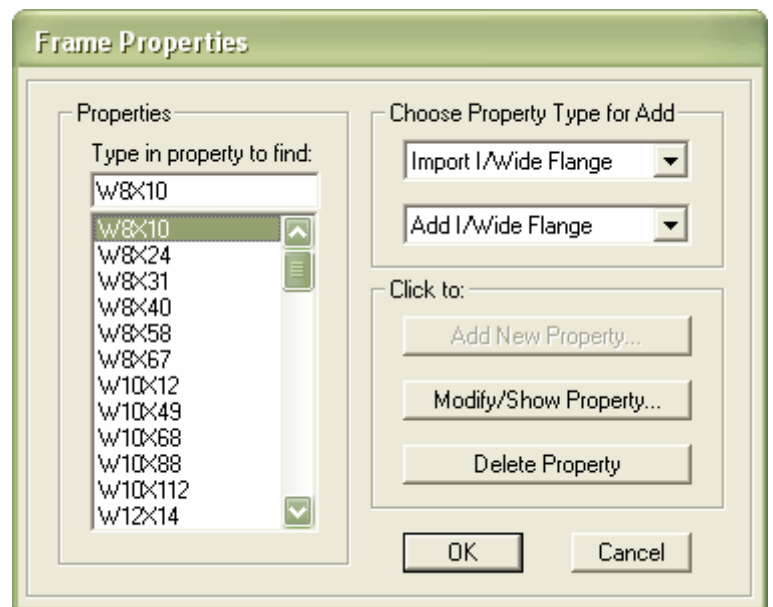


10. **Design** เป็นส่วนของการกำหนดประเภทของวัสดุที่จะนำมาทำเป็นโครงสร้างโดยสามารถแยกได้ อยู่ 2 ประเภท คือ ในส่วนที่เป็น เหล็ก และส่วนที่เป็นคอนกรีต ดังรูป



โดยในการกำหนดรูปแบบของโครงสร้าง นั้นสามารถกำหนดได้จาก

เป็นส่วนของการ  
กำหนด ชนิด ประเภท  
หน้าตัด ของ เหล็ก



เป็นส่วนของการ  
กำหนด รูปแบบ และขนาด  
หน้าตัดของ คอนกรีต

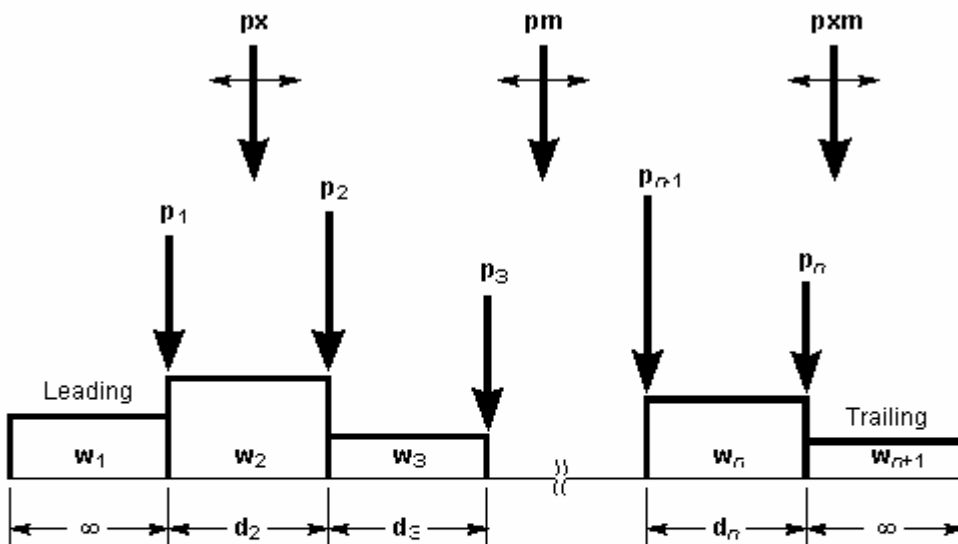
## 11. Bridge

เป็นส่วนของการกำหนดโหลดน้ำหนักที่เกิดขึ้นบนส่วนของสะพานโดยมีการกำหนดดังนี้



โดยปุ่มแรกเป็น Define Bridge Lanes... (คือการกำหนดน้ำหนักของยานพาหนะที่วิ่งอยู่บนเลน), Vehicles... (เป็นส่วนชนิดของยานพาหนะ), Define Vehicle Classes... (เป็นส่วนของการกำหนดประเภทของยานพาหนะ), Define Bridge Responses... (เป็นส่วนของการกำหนดการเคลื่อนไหวของสะพาน)

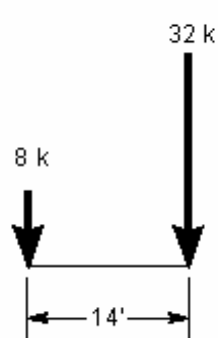
### General Vehicle



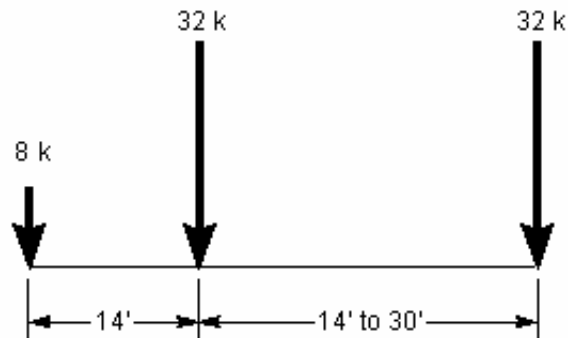
Notes:

- (1) All loads are point loads or uniform line loads acting on the Lane center line
- (2) Any of the point loads or uniform line loads may be zero
- (3) The number of axles,  $n$ , may be zero or more
- (4) One of the inter-axle spacings,  $d_2$  through  $d_n$ , may vary over a specified range
- (5) The locations of loads  $px$ ,  $pm$ , and  $pxm$  are arbitrary

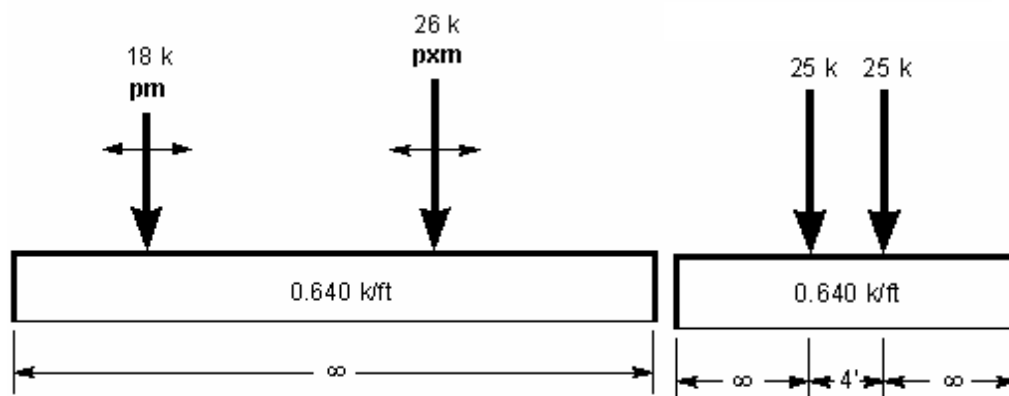
## Standard Vehicles



H20-44 Truck Load

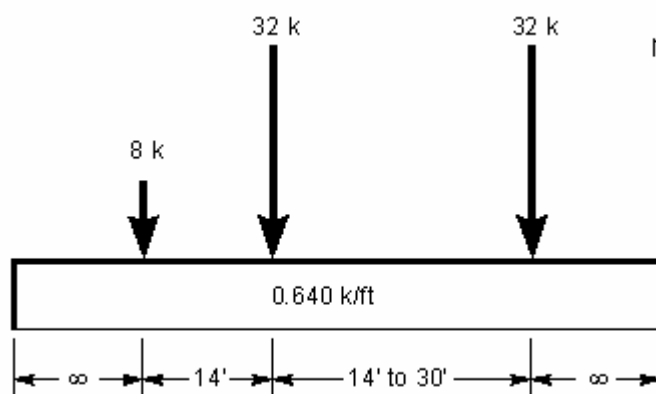


HS20-44 Truck Load



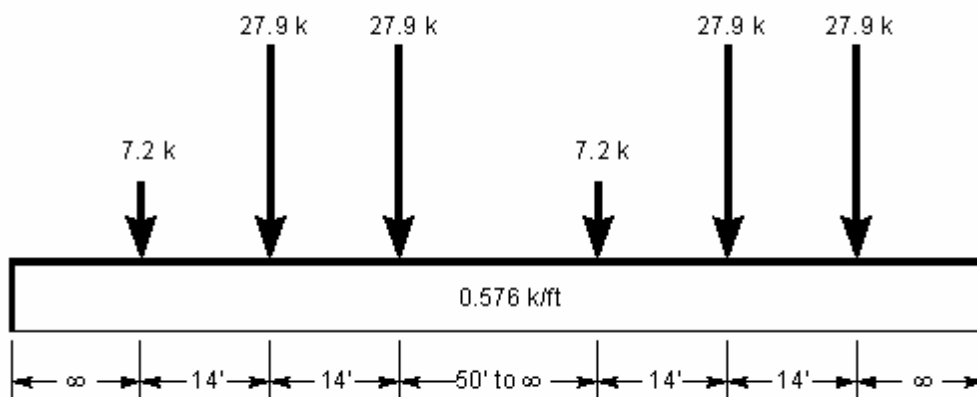
H20-44L and HS20-44L Lane Loads

HL-93K Tandem and Lane Load

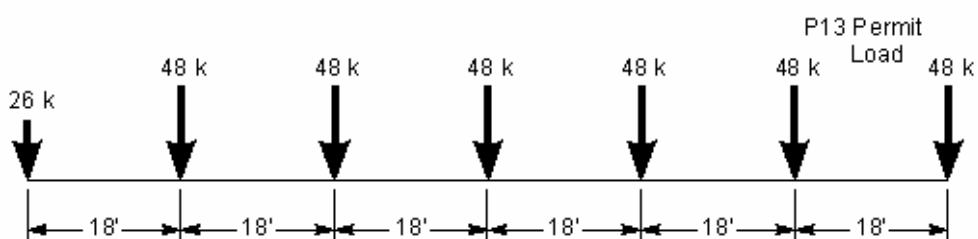
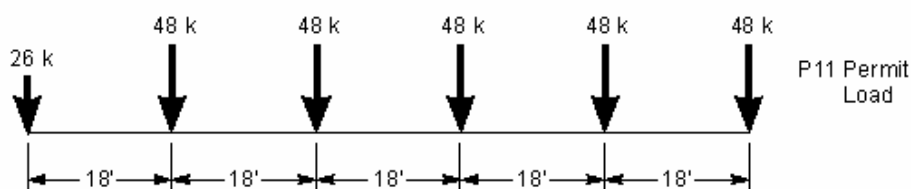
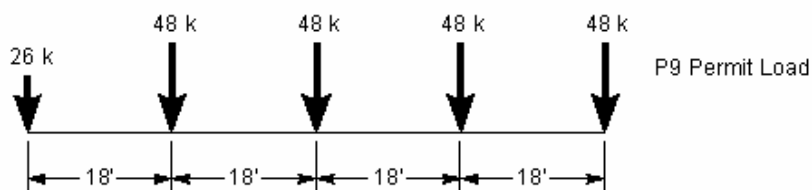
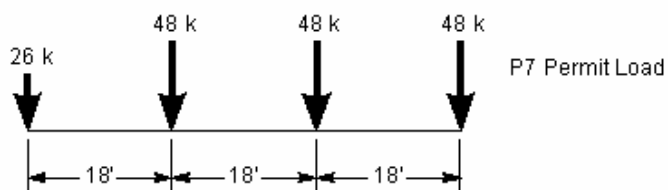
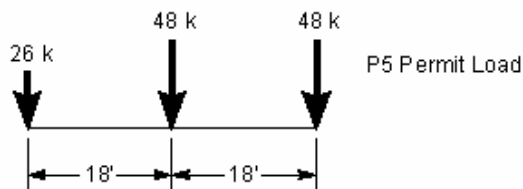


HL-93K Truck and Lane Load

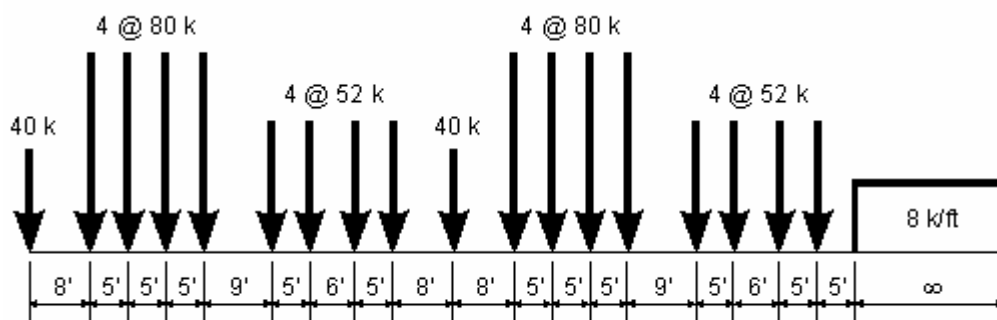
Note: All point loads will be increased by the dynamic load allowance, **im**, expressed as a percentage



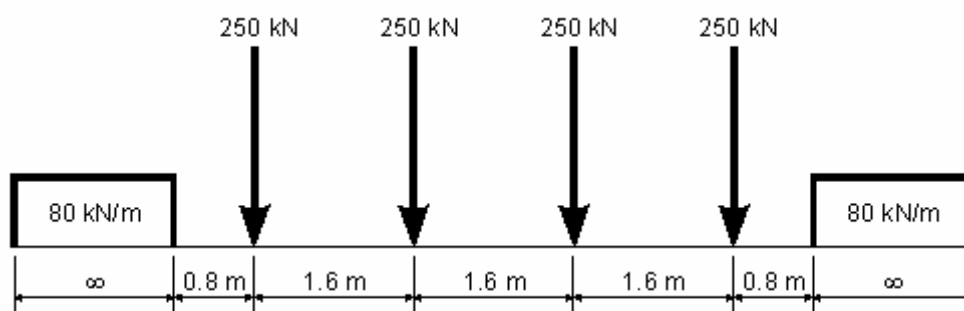
HL-93S Truck and Lane Load for Negative Moment and Reactions at Interior Piers



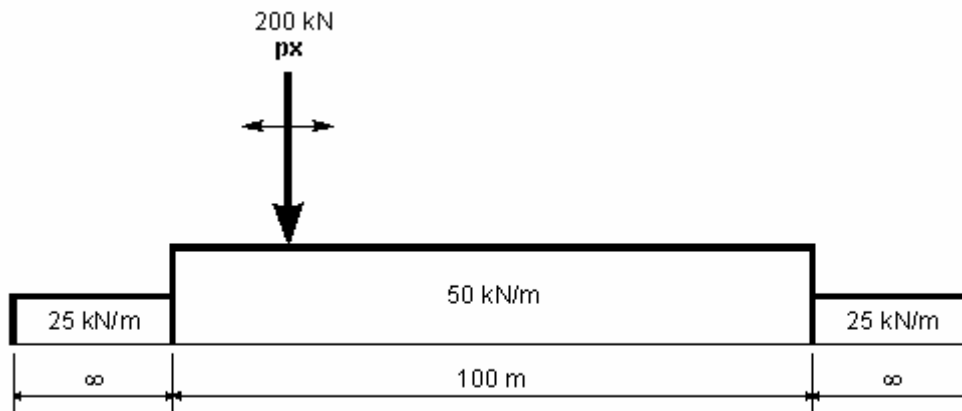




Cooper E 80 Train Load



UIC80 Train Load



RL Train Load

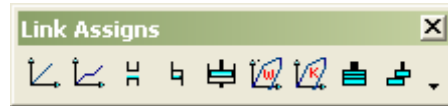
SAP2000 has a variety of Standard vehicle models included. To define a standard vehicle

- ☐ Use the Define > Bridge Loads > Vehicles menu command. This will activate the Define Vehicles form.
- ☐ Choose Add Standard Vehicle from the Choose Vehicle Type to Add dropdown menu.
- ☐ Click the Add Vehicle button. On the Standard Vehicle Data form that is activated choose the Vehicle Type.
- ☐ Specify the Scale Factor and Dynamic Allowance where required. All point loads will be increased by the Dynamic Allowance, which is expressed as a percentage.
- ☐ Click OK

The axel load and orientation of these vehicles along with their names are given below.

## 12. Link assigns

เป็นส่วนของการแสดงการบ่งบอกสถานะของวัสดุที่ใช้ซึ่งจะมีดังนี้



⇒ Linear

⇒ Multi-linear Elastic

⇒ Gap (Compression Only)

⇒ Hook (Tension Only)

⇒ Damper

⇒ Plastic (Wen)

⇒ Plastic (Kinematic)

⇒ Plastic (Pivot)

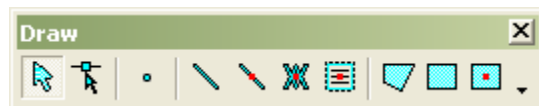
⇒ Rubber Isolator

⇒ Friction Isolator

หมายเหตุ – ถ้าสงสัยให้ค้นหาความหมายจาก Index ที่ติดมากับตัวโปรแกรม

## 13. Draw

เป็นส่วนของการใช้เขียนโครงสร้างโดยมีปุ่มการใช้งานดังนี้



ปุ่มแรกคือ Set Select Mode (เป็นการเลือกตามจุดต่างๆ), Set Reshape Element Mode (เป็นการเลือกเฟรมเพื่อเปลี่ยนรูปร่าง), Draw Special Joint (เป็นการกำหนดจุดต่อบนเฟรม), Draw Frame/Cable (เป็นการวาดเฟรมหรือเคเบิล), Quick Draw Frame/Cable (เป็นการวาดเฟรมหรือเคเบิลอย่างรวดเร็ว), Quick Draw Braces (เป็นการวาดเส้นโยงอย่างรวดเร็ว), Quick Draw Secondary Beams (เป็นการวาดเส้นแบ่งพื้นที่อย่างรวดเร็ว), Draw Quad Area (เป็นการวาดพื้นที่ตามจุด), Draw Rectangular Area (เป็นการวาดพื้นที่เป็นรูปสี่เหลี่ยม), Quick Draw Area (เป็นการวาดพื้นที่ตามเส้นโครงร่าง)

