การออกแบบพัฒนา Work Sheet สำหรับโครงหลังคาเหล็กรูปพรรณ

Development and Design Work Sheet for structural steel roof.

นายเชาวฤทธิ์ โตสุข

นายนนทพัทธ์ ช่วยเพ็ญ

นายสมโชค เศษเมือง

นายวิศณุ บุญยิ่ง

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ 28 มิ.ย. 2554
เลขทะเบียน 155/9251
เลขเรียกหนังสือ ป.ว.
มหาวิทยาลัยนเรศวร ก529

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต

2553

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2554

ใบรับรองโครงงานวิศวกรรมโยธา

หัวข้อโครงงานวิศวกรรมโยธา : การออกแบบพัฒนา Work Sheet สำหรับโครงหลังคาเหล็กรูปพรรณ

ผู้ดำเนินงานวิศวกรรม : นายเชาวฤทธิ์ โตสุข รหัสนิสิต 50380911
นายนนทพัทธ์ ช่วยเพ็ญ รหัสนิสิต 50381055
นายสมโชค เศษเมือง รหัสนิสิต 50380614
นายวิศณุ บุญยิ่ง รหัสนิสิต 50381413

ที่ปรึกษาโครงงานวิศวกรรมโยธา : ดร.ปฤษทัศว์ ศีตะปันย์

สาขาวิชา : วิศวกรรมโยธา

ภาควิชา : วิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา : 2554

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้โครงงานวิศวกรรมโยธา ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา

คณะกรรมการสอบโครงงานวิศวกรรมโยธา

.....ประธานกรรมการ
(ดร.ปฤษทัศว์ ศีตะปันย์)

.....กรรมการ
(ผศ.ดร. สสิกรณ์ เหลืองวิชชเจริญ)

.....หัวหน้าภาควิชา
(ผศ.ดร. สสิกรณ์ เหลืองวิชชเจริญ)

หัวข้อโครงงานวิศวกรรมโยธา : การออกแบบพัฒนา Work Sheet สำหรับโครงหลังคาเหล็กรูปพรรณ

ผู้ดำเนินงานวิศวกรรมโยธา : นายเชาวฤทธิ์ โตสุข รหัสนิสิต 50380911
นายนนทพัทธ์ ช่วยเพ็ญ รหัสนิสิต 50381055
นายสมโชค เศษเมือง รหัสนิสิต 50380614
นายวิศณุ บุญยิ่ง รหัสนิสิต 50381413

ที่ปรึกษาโครงงานวิศวกรรมโยธา : ดร.ปฤษทัศว์ ศีตะปันย์

สาขาวิชา : วิศวกรรมโยธา

ภาควิชา : วิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา : 2554

บทคัดย่อ

โครงการวิศวกรรมโยธาฉบับนี้ เป็นการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยประยุกต์ใช้ฟังก์ชันการคำนวณทางคณิตศาสตร์ที่มีอยู่ในโปรแกรมสำเร็จรูป Microsoft Excel 2007 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้าง Work Sheet สำหรับการออกแบบโครงสร้าง หลังคาเหล็กรูปพรรณ การวิเคราะห์และออกแบบชิ้นส่วนโครงหลังคา การวิเคราะห์และออกแบบ โครงหลังคา โดยโปรแกรม SAP 2000 แต่ละส่วนจะมีการรับค่า และประมวลผลที่แตกต่างกัน ซึ่งการประมวลผลได้อ้างอิงการคำนวณ และข้อกำหนดต่างๆ ตามมาตรฐาน AISC (American Institute of Steel Construction) วิธี ASD หน่วยแรงที่ยอมให้ (Allowable Stress Design) หลังจากที่ได้กรอกรายละเอียดครบถ้วนแล้ว โปรแกรมจะทำการดึงข้อมูลจากฐานข้อมูลเพื่อนำมาคำนวณ เมื่อเสร็จสิ้นการประมวลผลแล้ว โปรแกรมจะแสดงผล ทำให้สามารถให้ออกแบบโครงสร้าง หลังคาเหล็กรูปพรรณได้รวดเร็วและมีความแม่นยำมากขึ้น ลดความคลาดเคลื่อนจากการคำนวณด้วยมือและการออกแบบก็ถูกต้องตามมาตรฐานทางวิศวกรรม

Project Title	:	Development and Design Work Sheet for structural steel roof.
Name	:	Mr. Chaowrit Tosuk Code 50380911
		Mr. Nontapat Chouypen Code 50381055
		Mr. Somchok Sasmaung Code 50380614
		Mr. Vissanu Boonying Code 50381413
Project Adviser	:	Dr. Pritsatat Seetapan
Major	:	Civil Engineering
Department	:	Civil Engineering Faculty of Engineering
		Naresuan University
Academic Year	:	2011

Abstract

This Project is to design and analyze steel members of structure by using mathematic function in Microsoft Excel 2007. The main purpose is to design worksheet for structural steel roof. Analysis and design of the roof structure is done by using SAP 2000. The calculation in this worksheet is created according to The American Institute of Steel Construction (AISC) standard and Allowable Stress Design (ASD) Specification. This worksheet can show the result of calculation quickly. The accuracy of the result is accepted.

สารบัญ

		หน้า
บทที่ 1	บทนำ	1
	1.1 ความสำคัญและที่มาของโครงการ	1
	1.2 วัตถุประสงค์	1
	1.3 ขอบข่ายของงาน	2
	1.4 แผนการดำเนินงาน	2
	1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	2
	1.6 งบประมาณ	3
บทที่ 2	หลักการและทฤษฎี	4
	2.1 การออกแบบโครงสร้างหลังคา	4
	2.2 วิเคราะห์หาน้ำหนักบรรทุก (Load)	4
	2.2.1 น้ำหนักบรรทุกตายตัว (Dead Load; DL.)	4
	2.2.2 น้ำหนักบรรทุกจร (Live Load; LL.)	4
	2.2.3 แรงลมกระทำภายนอกอาคาร	6
	2.2.4 แรงลมกระทำภายในอาคาร	6
	2.3 องค์อาคาร	7
	2.4 มาตรฐานเหล็กโครงสร้างเหล็กรูปพรรณที่นิยมใช้	7
	2.4.1. ASTM. (American Society for Testing and Materials)	7
	2.4.2. JIS. (Japanese Industrial Standards)	7
	2.4.3. TIS. (Thai Industrial Standards: มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย , มอก.)	7
	2.5 หน่วยแรงที่ยอมให้ในการออกแบบ	9
	2.6 การวิเคราะห์โครงสร้างเพื่อการออกแบบ	9
	2.6.1 การวิเคราะห์โดยละเอียด	9

สารบัญ (ต่อ)

			หน้า
บทที่ 2	2.7	การออกแบบโครงสร้างเหล็กรูปพรรณ วิธีหน่วยแรงยอมให้ (Allowable Stress Design : ASD).....	10
		2.7.1 การออกแบบโครงสร้างรับแรงดึง (ต่อด้วยการเชื่อม)	10
		2.7.2 การออกแบบโครงสร้างรับแรงอัด.....	11
		2.7.3 การออกแบบโครงสร้างคาน-เสา.....	13
บทที่ 3		วิธีการดำเนินการวิจัย.....	16
	3.1	โครงสร้างของโปรแกรม (ส่วนที่ 1).....	16
	3.2	หลักการพัฒนา Work sheet (ส่วนที่ 1).....	16
	3.3	วิธีการใช้งานโปรแกรม.....	18
	3.4	สรุปคำสั่งที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม.....	18
	3.5	รายละเอียดของงาน.....	18
		3.5.1 ส่วนของ Work Sheet.....	18
		3.5.2 ส่วนของตารางเหล็กประกอบด้วยเหล็กที่นิยมในท้องตลาด	19
		3.5.3 ขั้นตอนการใช้โปรแกรม.....	19
	3.6	ขั้นตอนการทำงานการออกแบบหน้าตัดไม่สมำเสมอของ Work Sheet (ส่วนที่ 2).....	23
บทที่ 4		**ผลการดำเนินการวิจัย**	34
	4.1	ตัวอย่างการใช้ Work sheet และการคำนวณด้วยมือ (แป หรือ ระแนง).....	34
		4.1.1 ตัวอย่างการออกแบบแป หรือ ระแนง	34
		4.1.2 การคำนวณด้วย Work sheet.....	36
	4.2	ตัวอย่างการใช้ Work sheet และการคำนวณด้วยมือ (จันทัน).....	39
		4.2.1 ตัวอย่างการคำนวณจันทัน.....	39

สารบัญ (ต่อ)

		หน้า
บทที่ 4	4.2.2 การคำนวณด้วย Work sheet.....	40
	4.3 ตัวอย่างการใช้ Work sheet และการคำนวณด้วยมือ (ตะเม่สัน).....	42
	4.3.1 ตัวอย่างการคำนวณตะเม่สัน	42
	4.3.2 การคำนวณด้วย Work sheet.....	43
	4.4 ตัวอย่างการใช้ Work sheet และการคำนวณด้วยมือ (อกไก่ ขื่อ และ อะเส).....	45
	4.4.1 ตัวอย่างการคำนวณ อกไก่ ขื่อ อะเส	45
	4.4.2 การคำนวณด้วย Work sheet.....	46
	4.5 ตัวอย่างการใช้ Work sheet และการคำนวณด้วยมือ (ดั้ง).....	48
	4.5.1 ตัวอย่างการคำนวณ ดั้ง.....	49
	4.5.2 การคำนวณด้วย Work sheet.....	49
	4.6 ตัวอย่างการสร้างโครงสร้างหลังคาเหล็กหน้าตัดไม่สม่ำเสมอโดยใช้ SAP 2000.....	51
บทที่ 5	สรุปและอภิปรายผล.....	71
	5.1 สรุปผล.....	71
	5.2 ข้อคิดเห็น.....	71
	5.2.1 ข้อดีของการใช้งาน โปรแกรม Microsoft Excel.....	71
	5.2.2 ข้อดีของการใช้งาน Work Sheet เพื่อออกแบบโครงสร้างเหล็กรูปพรรณ.....	71
บรรณานุกรม.....		72
ภาคผนวก.....		74
ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน.....		78

สารบัญภาพ

ภาพ		หน้า
2.1	แสดงสมการด้านเหนือลมด้านใต้ลมและทิศทางการกระทำของแรงลม	6
2.2	แสดงรูปทรงของหน้าตัดของเหล็กรูปพรรณตามมาตรฐานของ AISC.....	9
2.3	ตารางค่า K ตัวคูณความยาวประกอบประสิทธิผล	13
3.1	การทำงานของ Work Sheet (ส่วนที่ 1).....	16
3.2	แสดงการพัฒนางานโปรแกรม Work Sheet (ส่วนที่1).....	17
3.3	แสดงวิธีใช้งานโปรแกรม Work Sheet.....	17
3.4	แสดงหน้าแรกของโปรแกรม Work Sheet (การเข้าเมนูโครงหลังคา).....	19
3.5	แสดงเมนูโครงสร้างหลังคาในโปรแกรม Work Sheet.....	20
3.6	แสดงการใส่ค่าที่ใช้ออกแบบในโปรแกรม Work Sheet ออกแบบ จันทัน.....	20
3.7	แสดงการเลือกเหล็กในโปรแกรม Work Sheet ออกแบบ จันทัน.....	21
3.8	แสดงการตรวจสอบค่าต่างๆในโปรแกรม Work Sheet ออกแบบ จันทัน.....	22
3.9	การทำงานของโปรแกรม Microsoft Excel - SAP 2000 (ส่วนที่ 2).....	23
3.10	แสดงหน้าแรกของโปรแกรม Work Sheet (การเข้าเมนูโครงหลังคาแบบหน้าตัดไม่สม่ำเสมอ).....	23
3.11	แสดงหน้าโครงหลังคาแบบยื่นของโปรแกรม Work Sheet (การเข้าเมนูปรับเปลี่ยนค่า).....	24
3.12	แสดงหน้าโครงหลังคาแบบยื่นของโปรแกรม Work Sheet (การเข้าเมนูปรับเปลี่ยนค่าความยาว).....	24
3.13	แสดงหน้าโครงหลังคาแบบยื่นของโปรแกรม Work Sheet (การเข้าเมนูปรับเปลี่ยนขนาดเหล็ก).....	25
3.14	แสดงหน้าโครงหลังคาแบบยื่นของโปรแกรม Work Sheet (การเข้าเมนูปรับเปลี่ยนค่าความยาว).....	26
3.15	แสดงหน้าโครงหลังคาแบบยื่นของโปรแกรม Work Sheet (การเข้าเมนูปรับเปลี่ยนแรงกระทำ).....	27

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพ		หน้า
3.16	แสดงหน้าโครงหลังคาแบบยื่นของโปรแกรม Work Sheet (การเข้าเมนู ปรับเปลี่ยนรัศมีความโค้ง ชิ้นส่วน C-D ดังแสดงในรูปที่ 3.15)	27
3.17	แสดงชิ้นส่วน A-B , B-C , C-D)	28
3.18	แสดงหน้าโครงหลังคาแบบยื่นของโปรแกรม Work Sheet (การเข้าเมนู ปรับเปลี่ยนค่าคุณสมบัติเหล็ก)	28
3.19	แสดงหน้าการเข้าเมนูปรับเปลี่ยนค่าคุณสมบัติเหล็กของโปรแกรม Work Sheet..	29
3.20	แสดงหน้าการเข้าเมนูปรับเปลี่ยนค่าคุณสมบัติเหล็กของโปรแกรม Work Sheet (การเข้าเมนูปรับเปลี่ยนค่า Unit weight Modulus of Elasticity (E1) Poisson's Ratio (U))	30
3.21	แสดงหน้าการเข้าเมนูปรับเปลี่ยนค่าคุณสมบัติเหล็กของโปรแกรม Work Sheet (การเข้าเมนูปรับเปลี่ยนค่า Minimum Yield Stress (Fy) Minimum Tensile Stress (Fu) Ratio (U))	30
3.22	แสดงการนำข้อมูลใหม่ในตาราง Excel Import เข้าในโปรแกรม SAP2000.....	31
3.23	แสดงหน้า Import Tabular Database ในโปรแกรม SAP2000.....	31
3.24	แสดงโครงสร้างหลังคาแบบหน้าตัดไม่สม่ำเสมอในโปรแกรม SAP2000.....	32
3.25	แสดงการ RUN ของโครงสร้างหลังคาเหล็กในโปรแกรม SAP2000.....	32
3.26	แสดงการเคลื่อนที่ของโครงสร้างหลังคาเหล็กในโปรแกรม SAP2000.....	33
4.1	แสดงการออกแบบ แป หรือ ระแนง ของ Work Sheet (การใส่ค่าหน้ากว้าง ระยะห่างระหว่างแป ช่วงจันทัน และ น้ำหนักของหลังคา).....	36
4.2	แสดงการออกแบบ แป หรือ ระแนง ของ Work Sheet (การใส่ค่าแรงลม ตามเทศบัญญัติ หาแรงในแนวแกนต่างๆ และใส่ค่า Fu , Fy , E).....	37
4.3	แสดงการออกแบบ แป หรือ ระแนงของ Work Sheet (การเลือกขนาดเหล็ก).....	37
4.4	แสดงการออกแบบ แป หรือ ระแนงของ Work Sheet (การตรวจสอบค่า Stress , Deflection, Shear และแสดงผลในการตรวจสอบว่าใช้งานได้หรือไม่)	38

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพ หน้า

4.5 แสดงการออกแบบ จันทัน ของ Work Sheet (การใส่ค่าระยะระหว่างแป ค่าระยะห่างระหว่างจันทัน ความยาวจันทัน น้ำหนัก จันทัน และค่า Fu , Fy , E)..... 40

4.6 แสดงการออกแบบ จันทัน Work Sheet (เลือกขนาดเหล็กและการตรวจสอบค่าตรวจสอบ Section Modulus , Moment , Stress , Deflection, Shear และแสดงผลในการตรวจสอบว่าใช้งานได้หรือไม่) 41

4.7 แสดงการออกแบบ ตะเฆ่สัน ของ Work Sheet (ค่าระยะห่างระหว่างจันทัน ความยาวความยาวตะเฆ่สัน น้ำหนักตะเฆ่สัน และค่า Fu , Fy , E)..... 43

4.8 แสดงการออกแบบ ตะเฆ่สัน Work Sheet (เลือกขนาดเหล็กและการตรวจสอบค่าตรวจสอบ Section Modulus , Moment , Stress , Deflection, Shear และแสดงผลในการตรวจสอบว่าใช้งานได้หรือไม่) 44

4.9 แสดงการออกแบบ อกไก่ ขื่อ อะเส ของ Work Sheet (ค่าระยะห่างระหว่างจันทัน ความยาวความยาวอกไก่ น้ำหนักอกไก่ และค่า Fu , Fy , E)..... 46

4.10 แสดงการออกแบบ อกไก่ ขื่อ อะเส Work Sheet (เลือกขนาดเหล็กและการตรวจสอบค่าตรวจสอบ Section Modulus , Moment , Stress , Deflection, Shear และแสดงผลในการตรวจสอบว่าใช้งานได้หรือไม่) 47

4.11 แสดงการออกแบบ ตั้ง ของ Work Sheet (ค่าระยะห่างระหว่างอกไก่ น้ำหนักตะเฆ่สัน น้ำหนักตั้ง และค่า Fu , Fy , E)..... 49

4.12 แสดงการออกแบบ ตั้ง ของ Work Sheet (เลือกขนาดเหล็กและตรวจสอบการโก่งเดาะและกำลังอัดว่าใช้งานได้หรือไม่) 50

4.13 แสดงหน้าจอโปรแกรม SAP 2000..... 51

4.14 แสดงการสร้าง New Model..... 51

4.15 แสดงหน้าต่าง New Model (การเลือกสร้าง Grid Only)..... 52

4.16 แสดงหน้า Quick Grid Line (การตั้งค่า Grid Line)..... 53

4.17 แสดงการเลือกคำสั่งสร้างวัสดุ..... 54

4.18 แสดงหน้าต่างเลือกสร้างวัสดุ..... 54

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพ หน้า

4.19 แสดงหน้าต่างตั้งชื่อและใส่ค่าต่างๆของวัสดุ 55
4.20 แสดงหน้าต่างเลือกเหล็กที่จะใช้..... 56
4.21 แสดงการเลือกสร้างหน้าตัด Frame Section..... 56
4.22 แสดงหน้าต่างเลือกสร้าง หน้าตัดเหล็ก Section A..... 57
4.23 แสดงหน้า Add Frame section property (การเลือกลักษณะของ Section A). 58
4.24 แสดงหน้าต่างการใส่ค่าหน้าตัดเหล็กและใส่ขนาด ของ Section A..... 59
4.25 แสดงหน้าต่างการใส่ Dimension ของ Section A..... 59
4.26 แสดงการเลือกสร้างหน้าตัด Frame Section..... 60
4.27 แสดงหน้าต่างเลือกสร้าง หน้าตัดเหล็กแบบ Nonprismatic Section A-B..... 61
4.28 การเลือกลักษณะของ Section A-B..... 61
4.29 แสดงหน้าต่างการสร้างหน้าตัดแบบ Nonprismatic Section A-B..... 62
4.30 แสดงหน้าต่างสร้าง Section A-B..... 62
4.31 แสดงการเลือกเขียนเส้นตรง และเส้นโค้ง..... 63
4.32 แสดงการเลือกเส้นโค้งและการใส่รัศมีความโค้ง..... 64
4.33 แสดงโครงสร้างจากที่ทำการเขียน..... 64
4.34 แสดงหน้า Frame Distributed Loads (การใส่น้ำหนักของหลังคา)..... 65
4.35 แสดงแรงกระทำต่อโครงสร้าง..... 65
4.36 แสดงการใส่ Support..... 66
4.37 แสดงการทำการ RUN..... 66
4.38 แสดงการเคลื่อนที่เมื่อทำการ RUN (โครงสร้างสามารถรับน้ำหนักได้)..... 67
4.39 แสดงการเคลื่อนที่เมื่อทำการ RUN (โครงสร้างไม่สามารถรับน้ำหนักได้)..... 67
4.40 แสดงแรง Support..... 68
4.41 แสดงโมเมนต์ตามแนวแกน..... 68
4.42 แสดงโมเมนต์ตามแนวแกน Resultant Axial Force (แรงอัดสูงสุด)..... 69
4.43 แสดงการ Import ข้อมูลลงในไฟล์ Excel..... 69

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพ		หน้า
4.43	แสดงไฟล์ Import ลงในไฟล์ Excel.....	70

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
1.1	แสดงแผนการดำเนินงาน	2
4.1	แสดงค่า K ของเสา	48
4.2	แสดงขนาดของหน้าตัด A,B,C,D	57
ก.1	น้ำหนักบรรทุกจรของอาคารแต่ละประเภทตามกฎกระทรวงมหาดไทย ฉบับที่ 6 พ.ศ. 2527 (หรือข้อบัญญัติกรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2544)	75
ข.1	หน่วยแรงลมตามกฎกระทรวงฉบับที่ 6 พ.ศ. 2527 (หรือข้อบัญญัติกรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2544)	76
ค.1	คุณสมบัติทางกลของเหล็กโครงสร้าง	77

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของโครงการ

นับตั้งแต่อดีต โครงสร้างหลังคาเหล็กถือว่ายังไม่เป็นที่รู้จักกันอย่างแพร่หลาย ก็เนื่องด้วยคนไทยนั้นนิยมสร้างบ้านด้วยไม้โครงสร้างหลังคาก็ทำจากไม้เพราะหาวัสดุง่าย แต่ในปัจจุบันนี้ประเทศไทยทรัพยากรไม้เป็นวัสดุที่เหลือน้อยและมีราคาแพง ด้วยเหตุนี้ต้องทำให้คนหันมาหาวัสดุที่หาง่ายราคาถูกและมีคุณภาพ ซึ่งก็มีทั้ง คอนกรีต เหล็ก ฯลฯ แต่ถึงอย่างไรในปัจจุบันนี้ประเทศไทยจะมีการประยุกต์วัสดุต่างๆมาแทนที่เหล็กแล้วก็ตาม แต่เหล็กก็คือส่วนที่แข็งแรงที่สุดของสิ่งปลูกสร้างทั้งหลาย โดยจะต้องมีทั้งความมั่นคง (Stable) และความแข็งแรง (Strength) และมากไปกว่านั้น โครงสร้างหลังคาเหล็กใช้ระยะเวลาการก่อสร้างที่สั้นกว่า น้ำหนักของโครงสร้างเหล็กจะเบากว่าเมื่อออกแบบรับน้ำหนักบรรทุกที่เท่าๆกันกับโครงสร้างคอนกรีต และโครงสร้างหลังคาเหล็กยังสามารถทำเป็นชิ้นส่วนสำเร็จรูปเพื่อมาประกอบเป็นโครงสร้างที่บริเวณหน้างานได้เกือบทั้งหมด

การออกแบบโครงสร้างเหล็กจะใช้วิธีลองผิดลองถูก (Trial - Error Method) ด้วยการสมมุติหน่วยแรงหรือหน้าตัดโดยประมาณ แล้วตรวจสอบจนกว่าจะได้หน้าตัดที่เหมาะสมสำหรับต้านทานแรงและโมเมนต์ได้ ซึ่งขบวนการดังกล่าวจะเสียเวลาในการคำนวณมาก เมื่อคำนวณด้วยมือ

เนื่องจากเหล็กในปัจจุบันเป็นวัสดุที่มีราคาค่อนข้างสูง ในการออกแบบจำเป็นต้องคำนึงถึงเรื่องราคาเข้ามาเกี่ยวข้อง ซึ่งหากมีโปรแกรมคำนวณแล้วจะทำให้ผู้ออกแบบสามารถเลือกใช้หน้าตัดของชิ้นส่วนแบบใด ขนาดใด เพื่อให้มีความเหมาะสมกับโครงสร้าง และให้ชิ้นส่วนนั้นสามารถรับน้ำหนักได้ตรงตามหลักวิศวกรรม และเกิดความประหยัดสูงสุด

ในปัจจุบันเครื่องคอมพิวเตอร์ได้เข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันมากขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากศักยภาพของคอมพิวเตอร์ที่สามารถเก็บข้อมูล คำนวณ ประมวลผล รวมไปถึงการแสดงผลได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ หากมีการนำมาประยุกต์ใช้ในทางวิศวกรรม ก็จะช่วยให้การออกแบบนั้นสามารถค้นหาข้อมูลและประมวลผลได้อย่างรวดเร็ว ช่วยลดระยะเวลาในการคำนวณ จึงเป็นความคิดที่จะนำความสามารถดังกล่าวของเครื่องคอมพิวเตอร์มาพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ช่วยในการออกแบบโครงสร้างเหล็กเพื่อลดระยะเวลาในการออกแบบ ซึ่งจะทำให้สะดวกและรวดเร็วขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาถึงการประยุกต์การใช้งานโปรแกรม Microsoft Excel ในการออกแบบโครงสร้างหลังคาเหล็กรูปพรรณ
2. เพื่อศึกษาถึงการใช้งานโปรแกรม SAP 2000 ในการออกแบบโครงสร้าง

หลังคาเหล็กรูปพรรณเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้กับโปรแกรม Microsoft Excel ใน Work Sheet

3. เพื่อสร้าง Work Sheet ออกแบบโครงสร้างหลังคาเหล็กรูปพรรณ โดยใช้ โปรแกรม Microsoft Excel ร่วมกับ SAP 2000
4. เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการทำงานในด้านวิศวกรรม ให้มีความสะดวกรวดเร็วและแม่นยำมากขึ้น

1.3 ขอบข่ายของงาน

1. ใช้โปรแกรม Microsoft Excel 2007 ในการเขียนโปรแกรม
2. ใช้โปรแกรม SAP 2000 ในการวิเคราะห์โครงหลังคาแบบอื่นๆ
3. ใช้วิธีการออกแบบโครงสร้างเหล็กตามข้อกำหนดของ AISC

1.4 แผนการดำเนินงาน

ตารางที่ 1.1 แสดงแผนการดำเนินงาน

เดือน / กิจกรรม	เดือนที่1				เดือนที่2				เดือนที่3				เดือนที่4				เดือนที่5			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1. การนำเสนอโครงงาน และเขียนโครงร่างปริญญานิพนธ์																				
2. ศึกษาข้อมูลในการออกแบบโครงสร้างเหล็กรูปพรรณ																				
3. เขียนโปรแกรมเพื่อการออกแบบโครงสร้างเหล็กรูปพรรณ																				
4. จัดทำรูปเล่มและเรียบเรียงปริญญานิพนธ์																				
5. เสนอโครงงานให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจ และปรับปรุง																				

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1.ได้ศึกษาการใช้งานโปรแกรม Microsoft Excel และ โปรแกรม SAP 2000

2.เกิดความรู้ และทักษะทางด้านการเขียนโปรแกรม

3.ทำให้การออกแบบโครงสร้างเหล็กเป็นไปด้วยความรวดเร็ว และแม่นยำมากยิ่งขึ้น

4.สามารถนำโปรแกรมไปใช้ใช้งานจริงได้ (โครงสร้างขนาดเล็ก)

5.เพื่อเป็นจุดเริ่มต้นที่ดีในการพัฒนาองค์ความรู้ทางด้านวิศวกรรมโยธา ให้มีความก้าวหน้าและทันสมัยมากขึ้น

1.6 งบประมาณ

- ค่าวัสดุสำนักงาน		500 บาท
- ค่าถ่ายเอกสาร		700 บาท
- ค่าพิมพ์รายงาน ทำรูปเล่ม	1	,500 บาท
- ค่าวัสดุคอมพิวเตอร์		300 บาท
- อื่นๆ		1000 บาท
รวมค่าใช้จ่าย		4,000 บาท (สี่พันบาทถ้วน)

หมายเหตุ ถัวเฉลี่ยทุกรายการ

บทที่ 2
หลักการและทฤษฎี

2.1 การออกแบบโครงสร้าง หลังคา

การออกแบบโครงสร้าง ซึ่งก็คือส่วนที่แข็งแรงที่สุดของสิ่งปลูกสร้างทั้งหลาย โดยจะต้องมีทั้งความมั่นคง (Stable) และความแข็งแรง (Strength) ด้วย ซึ่งโดยหน้าที่หลักของส่วนดังกล่าว คือ การพยุง ค้ำ ต้าน และกระจายแรง ดังนั้นความสำคัญ คือ หากส่วนหนึ่งส่วนใดของโครงสร้างเสียหาย (วิบัติ) อาจนำมาซึ่งความสูญเสียทั้งในส่วนของชีวิต (ส่วนนี้เกี่ยวเนื่องกับกฎหมายอาญา โดยเฉพาะมาตรา 227 และ 238) และในส่วนของทรัพย์สิน (ส่วนนี้เกี่ยวเนื่องกับกฎหมายแพ่ง)

การออกแบบโครงสร้างมีขั้นตอนหลักอยู่ 3 ขั้นตอน คือ

- ขั้นตอนการวิเคราะห์หาและจัดกลุ่มน้ำหนักบรรทุกที่กระทำต่อโครงสร้างที่กำลังพิจารณา
- ขั้นตอนการวิเคราะห์โครงสร้างตามกลุ่มของน้ำหนักบรรทุกที่จัดเพื่อหาแรงปฏิกิริยาและแรงภายในสูงสุด
- ขั้นตอนการออกแบบโครงสร้างโดยใช้แรงภายใน ตามลำดับ

2.2 วิเคราะห์หาน้ำหนักบรรทุก (Load)

ในสภาพความเป็นจริงหรือโครงสร้างจริงนั้น น้ำหนักที่กระทำต่อโครงสร้างมีอยู่ด้วยกันในหลายรูปแบบและหลายลักษณะ ทั้งนี้โดยภาพรวมแล้วขึ้นอยู่กับลักษณะหรือประเภทของโครงสร้าง สภาพการใช้งานของโครงสร้าง สภาพและลักษณะภูมิประเทศของแต่ละท้องที่

ดังนั้น ค่าของน้ำหนักในเชิงตัวเลขที่กระทำต่อโครงสร้างก็จะแตกต่างกันออกไปมากบ้างน้อยบ้าง ตามมาตรฐานของแต่ละท้องที่ที่ได้มีการบันทึก เก็บสถิติ หรือจากการรวบรวมวิจัยจากหลายๆ หน่วยงาน และได้มีการยอมรับและใช้

น้ำหนักที่กระทำต่อโครงสร้างออกเป็น 2 กลุ่ม คือ

2.2.1 น้ำหนักบรรทุกตายตัว (Dead Load; DL.)

คือ น้ำหนักที่ถูกยึด ฝัง หรือตรึงให้อยู่กับที่ (โครงสร้าง) รวมถึงน้ำหนักของตัวโครงสร้างเอง (Self Weight; SW.)

2.2.2 น้ำหนักบรรทุกจร (Live Load; LL.)

- น้ำหนักกระทำในแนวดิ่ง: ผู้ใช้อาคาร เครื่องเรือน เครื่องจักรสิ่งของต่างๆขึ้นกับประเภทและการใช้สอยของอาคารนั้น
- น้ำหนักที่กระทำทางด้านของอาคาร: แรงลม แรงจากแผ่นดินไหวแรงลมที่กระทำต่อโครงอาคาร ขึ้นอยู่กับแรงดันแบบ dynamic ของลม
- แรงดัน(Pressure) ด้านเหนือลม

➢ แรงดูด(Suction) ด้านใต้ลม

ความเร็วลมจะแปรตามสภาพภูมิประเทศ ความสูงเหนือพื้นดินและอาคารข้างเคียงการออกแบบจะสมมุติให้แรงลมกระทำอย่างสม่ำเสมอต่อโครงอาคารด้านที่รับลมและแรงลมสามารถกระทำได้ทุกทิศทาง

ASCE :แรงลมแบบ static ที่กระทำตั้งฉากกับอาคาร

➢ $p = 0.00256\ C_s V^2$ ปอนด์/ตร.ฟุต V: ความเร็วลม (ไมล์/ชม.)

➢ $p = 0.00473\ C_s V^2$ กก./ตร.เมตร V: ความเร็วลม (กม./ชม.)

C_s: shape coeffcient ขึ้นกับรูปทรงและสัดส่วนของอาคาร

อาคารสูงรูปกล่องสี่เหลี่ยม(box-type structure)ไม่มีช่องเปิด

C_s = 0.8 ที่ด้านเหนือลม-แรงดัน / C_s = 0.5 ที่ด้านใต้ลม-แรงดูด

ดังนั้น แรงลมทั้งหมดที่กระทำ = แรงดันด้านเหนือลม + แรงดูดด้านใต้ลม

$$p = 0.00473(0.8+0.5)V^2 = 0.0062V^2 \text{ กก. /ตร.เมตร}$$

ASCE: แรงลมที่กระทำตั้งฉาก(P_n) กับแนวหลังคา

กลุ่มที่ 1 น้ำหนักบรรทุกตายตัว (Dead Load; DL.) ประกอบด้วย

1. น้ำหนักตัวโครงสร้างเอง (Self Weight; SW.)

ซึ่งสามารถหาได้โดยตรงจากขนาดของโครงสร้าง และหน่วยน้ำหนัก (Unite Weight) ของตัวโครงสร้างเอง

2. น้ำหนักประกอบ

เป็นน้ำหนักที่ถูกนำมา เกาะ ยึดหรือตรึงเข้ากับตัวโครงสร้าง ส่วนการเลือกใช้ว่าจะมีขนาดของน้ำหนักเท่าใดนั้น มีทั้งอ่านจากตารางที่เป็นที่ยอมรับ อ่านจากแค็ตตาล็อกคำนวณหาจากสมการ Empirical ต่างๆ รวมไปถึงการใช้โดยกำหนดขึ้นจากประสบการณ์ของแต่ละท่าน ซึ่งโดยรวมแล้วตัวเลขที่ว่ามามักจะเป็นค่าโดยประมาณ

3. วัสดุตกแต่งต่างๆ

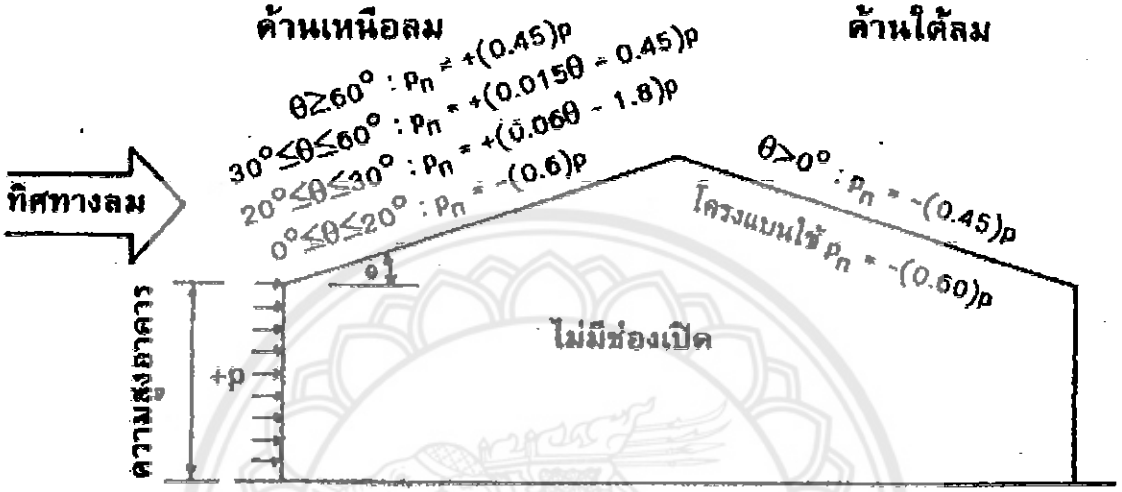
กลุ่มที่ 2 น้ำหนักบรรทุกจร (Live Load; LL.)

ให้ใช้ตามมาตรฐานของ วสท. (ข้อกำหนด) และ เทศบัญญัติ กทม.(ข้อกฎหมาย) หรือใช้ตามข้อกำหนด-กฎหมาย ที่ประกาศใช้ในแต่ละท้องที่ที่จะทำการออกแบบและก่อสร้าง ประกอบด้วย

1. น้ำหนักบรรทุกจรสำหรับอาคารแต่ละประเภทและส่วนประกอบของอาคาร
2. น้ำหนักบรรทุกจรบนสะพาน
3. แรงลม (Wind Load; WL.)

2.2.3 แรงลมกระทำภายนอกอาคาร

แรงลมที่กระทำตั้งฉากกับแนวหลังคา(P_n) มีทั้งแรงดัน(+)และแรงดูดหรือแรงยกตัว (-) ทั้งทางด้านเหนือลมและใต้ลมซึ่งขึ้นอยู่กับมุมลาดเอียง(θ)ของโครงหลังคา



รูปที่ 2.1 แสดงสมการด้านเหนือลมด้านใต้ลมและทิศทางการกระทำของแรงลม

2.2.4 แรงลมกระทำภายในอาคาร

อาคารมีช่องเปิดของหน้าต่างหรือประตูเท่ากับร้อยละ n ของเนื้อที่ผนัง

ค่าของ n อยู่ระหว่าง 0 ถึง 30%

- แรงลมภายในที่ด้านเหนือลม $p_n = (+0.225+0.0125n)p \leq 0.6p$
- แรงลมภายในที่ด้านใต้ลม $P_n = (-0.225+0.0075n)p \leq -0.45p$

ถ้า n มีค่ามากกว่า 30%ให้ใช้ค่าสูงสุดตามที่กำหนดข้างต้น

สูตร: พิจารณาเฉพาะแรงดันด้านเหนือลมเพียงอย่างเดียว

- $p_n = p(2 \sin \theta)/(1+\sin^2 \theta)$ Duchemin Formula
- $p_n = p \sin \theta^{1.84 \cos\theta - 1}$ Hutton Formula
- $p_n = p\,\theta / 45$ Ketchum or Straight – line Formula

θ : มุมลาดเอียงของหลังคา หน่วยเป็นองศา

สูตร Duchemin ได้รับความนิยมและเชื่อถือมากส่วนอีกสองสูตรให้ค่าสอดคล้องกับการทดลองเมื่อมุม θ ไม่เกิน 35 องศาสำหรับข้อบัญญัติกรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2522 กำหนดน้ำหนักบรรทุกจรสำหรับการออกแบบโครงอาคารประเภทต่างๆ ซึ่งต้องไม่น้อยกว่าอัตราต่อไปนี้

2.3 องค์อาคาร

ที่จะต้องวิเคราะห์และออกแบบหลักๆประกอบด้วย

2.3.1 แป หรือ ระแนง

2.3.2 จันทันหลัก-พราง

2.3.3 ตะเฆ่สัน-ราง

2.3.4 อกไก่ ขื่อ อะเส

2.3.5 ดั้ง

2.3.6 Sag Rod และ ค้ำยันต่างๆ

2.3.7 โครงข้อหมุน

2.4 มาตรฐานเหล็กโครงสร้างเหล็กรูปพรรณที่นิยมใช้

คือ เกรดหรือชั้นคุณภาพของเหล็กรูปพรรณ โดยในแต่ละประเทศจะมีมาตรฐานในการแบ่งชั้นคุณภาพเพื่อการออกแบบที่แตกต่างกันออกไป เช่น

(หมายเหตุ 1 MPa = 10.19716 Kg./cm. 2)

2.4.1. ASTM. (American Society for Testing and Materials)

ที่นิยมใช้มากในงานออกแบบและก่อสร้างมีอยู่2 เกรด คือ

- A-36 (Carbon Steel : Fy = 250 MPa)
- A-572 (High-Strength Low-Alloy Steel : Fy = 345 MPa)

2.4.2. JIS. (Japanese Industrial Standards)

ที่นิยมใช้มากในงานออกแบบและก่อสร้างมีอยู่ 2 เกรด คือ เกรด SS ใช้สำหรับโครงสร้างรองหรือโครงสร้างชั่วคราว และเกรด SM ใช้สำหรับโครงสร้างหลักทั่วๆไป

- SS-400 (Fy : 245 MPa)
- SM-400 (Fy : 245 MPa)
- SM-570 (Fy : 460 MPa)

2.4.3. TIS. (Thai Industrial Standards: มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย, มอก.) ได้ทำการจัดหมวดของผลิตภัณฑ์เหล็กโครงออกเป็น 3 กลุ่ม คือ

กลุ่มที่1. เหล็กเส้นแบนและเหล็กเส้นสี่เหลี่ยมจัตุรัสตัน (มอก. 55)

- มีหน่วยแรงดึงที่จุดคลากต่ำสุด (Fy) = 2,400 ksc.
- มีหน่วยแรงดึงที่จุดคลากสูงสุด (Fy) = 3,900 ksc.

กลุ่มที่2. เหล็กกลวงที่ใช้สำหรับงานก่อสร้าง (มอก. 107) : มี2 ชั้นคุณภาพคือ

- HS41: Fy = 2,400 ksc. ; Fu = 4,100 ksc. ; d = 23%
- HS50: Fy = 3,200 ksc. ; Fu = 5,000 ksc. ; d = 23%

ประกอบด้วยเหล็กหน้าตัดรูปกลมกลวง , สี่เหลี่ยมจัตุรัสกลวง , สี่เหลี่ยมผืนผ้ากลวง

กลุ่มที่3. เหล็กรูปพรรณ (มอก. 116) : มี2 ชั้นคุณภาพคือ

- Fe24: Fy = 2,400 ksc. ; Fu = 4,100 ksc. ; d = 23%
- Fe30: Fy = 3,000 ksc. ; Fu = 5,000 ksc. ; d = 23%

ประกอบด้วยเหล็กหน้าตัดรูปเหล็กฉาก , รูปตัวซี, รูปรางน้ำ, รูปตัวไอ , รูปตัวเอช

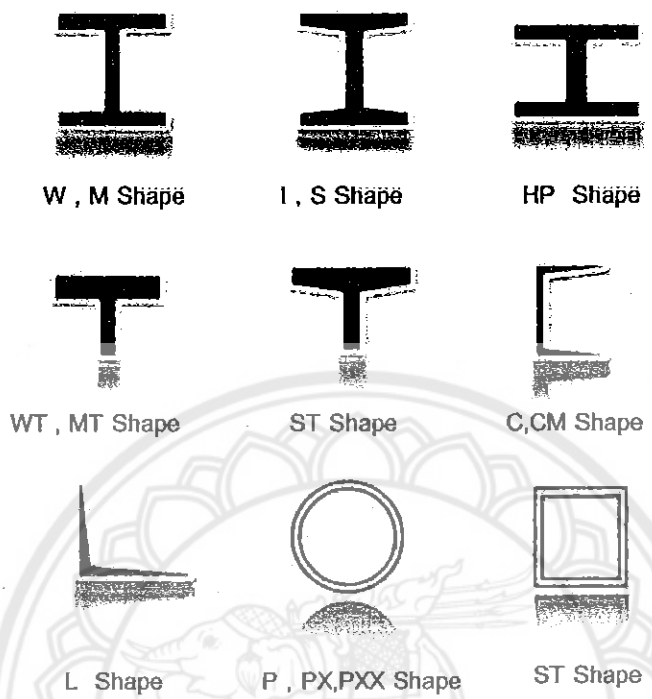
มาตรฐานของเราในปัจจุบัน (2550) ในการแบ่งเกรดก็คล้ายๆกับมาตรฐานของ JIS. ที่นิยมใช้มาก ในงานออกแบบและก่อสร้างประกอบด้วย

- SS-400 (Fy : 245 MPa)
- SM-400 (Fy : 245 MPa)
- SM-570 (Fy : 460 MPa)

ตามมาตรฐานของ AISC. แบ่งหน้าตัดเหล็กไว้ดังนี้

- W Shape = Wide Flange Shapes
- S Shape = I = American Standard
- C Shape = American Standard Channels
- WT Shape = Wide Flange Tees
- ST Shape = American Standard Tees
- P Shape = Pipe
- PXX Shape = Double-Extra Strong Pipe
- L Shape = Angles
- HP Shape = H-Piles
- M Shape = Miscellaneous Shapes
- MC Shape = Miscellaneous Channel
- MT Shape = Miscellaneous Tees
- TS Shape = Tube Steel
- PX Shape = Extra Strong Pipe

➢ 2L Shape = Double Angles...(W Shape = M Shape) ดังแสดงในรูป



รูปที่ 2.2 แสดงรูปทรงของหน้าตัดของเหล็กรูปพรรณตามมาตรฐานของ AISC.

2.5 หน่วยแรงที่ยอมให้ในการออกแบบ

ในการออกแบบชิ้นส่วนต่างๆนั้น หน่วยแรงที่เกิดขึ้นจริงต้องน้อยกว่าหรือเท่ากับหน่วยแรงที่ยอมให้เท่านั้น โดย

2.5.1 หน่วยแรงตามแนวแกน

- ➢ หน่วยแรงดึงที่ยอมให้ fs = 0.60Fy ksc.
- ➢ หน่วยแรงอัดที่ยอมให้ fs = 0.60Fy ksc.

2.5.2 หน่วยแรงเฉือนที่ยอมให้ fv = 0.40Fy ksc.

2.5.3 หน่วยแรงดัดที่ยอมให้ fb = 0.60Fy ksc.

2.6 การวิเคราะห์โครงสร้างเพื่อการออกแบบ

2.6.1 การวิเคราะห์โดยละเอียด

สามารถศึกษาในรายละเอียดได้ในตำราด้านการวิเคราะห์โครงสร้าง หรือใช้โปรแกรมด้านการวิเคราะห์โครงสร้างเข้าช่วย ข้อดี คือได้ค่าที่ถูกต้องมากกว่า ข้อเสีย คือใช้เวลาที่มากกว่า (โดยเฉพาะเมื่อวิเคราะห์โครงสร้างด้วยการคำนวณมือ)

2.6.1 การวิเคราะห์โครงสร้างโดยประมาณ

2.7 การออกแบบโครงสร้างเหล็กรูปพรรณ วิธีหน่วยแรงยอมให้ (Allowable Stress Design : ASD)

2.7.1 การออกแบบโครงสร้างรับแรงดึง (ต่อด้วยการเชื่อม)

ตามข้อกำหนดของวิธี ASD (Allowable Stress Design)กำหนดค่าหน่วยแรงดึงที่ยอมให้เท่ากับ 0.60Fy บนพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดที่ไม่มีรูเจาะ สำหรับหน้าตัดที่มีรูเจาะของสลักเกลียวหรือหมุดย้ำ หน่วยแรงที่ยอมให้จะเท่ากับ 0.50Fu ใช้กับหน้าตัดสุทธิประสิทธิผล ดังนั้น ส่วนปลอดภัย (Factor of Safety) ของการครากที่หน้าตัดทั้งหมดจะเป็น 1.67 และของการแตกร้าวของหน้าตัดที่เล็กที่สุดจะเป็น 2.0

พื้นที่สุทธิประสิทธิผลจริง Ae ที่รับแรงดึงที่หน้าตัดผ่านรูเจาะอาจจะน้อยกว่าพื้นที่สุทธิจริง An เนื่องจากหน่วยแรงเกินปกติ(Stress Concentration) ดังนั้นความสามารถที่ยอมให้ขององค์อาคารรับแรงดึงมีรูเจาะสำหรับสลักเกลียวหรือหมุดย้ำจะเท่ากับค่าที่น้อยกว่าระหว่าง :

$T = 0.60F_yA_g$ หรือ $T = 0.50F_uA_e$

1. ข้อมูลที่ต้องทราบก่อนการออกแบบ
   - ความยาวจริงตามแนวแกน (L; m.)
   - ชั้นคุณภาพของเหล็กที่เลือก (ทราบค่า Fy และ Fu; ksc.)
   - โหลดหรือแรงดึง (Ft; kg.) ซึ่งได้จากการวิเคราะห์
   - ลักษณะของการต่อเชื่อม
2. ขั้นตอนการออกแบบ

   2.1 หาพื้นที่หน้าตัดเหล็กจาก

$$A_s \geq \frac{Ft}{0.60Fy} \qquad \text{---------- (2.1)}$$

นำไปเปิดตารางเหล็กเพื่อเลือกขนาดหน้าตัด

ตรวจสอบขนาดเหล็กที่เลือกจากตาราง 2 ส่วน คือ

$$[0.60Fy][A_s'] \geq Ft \qquad \text{---------- (2.2)}$$

หมายเหตุ : As' คือ พื้นที่หน้าตัดเหล็กที่เลือก

2.2.1 ตรวจสอบอัตราส่วนความชะลูด

$$\frac{KL}{r_{min}} = \frac{(1)L}{r_{min}} \leq 240{,}300 \qquad \text{------ (2.3)}$$

240 สำหรับโครงสร้างหลัก

300 สำหรับโครงสร้างรอง

หมายเหตุ : r_{min} คือ ค่ารัศมีไจเรชั่นของเหล็กที่เลือก

K คือ ตัวคูณความยาวประกอบประสิทธิผล

2.7.2 การออกแบบโครงสร้างรับแรงอัด

สูตรของ AISC ถูกพัฒนาขึ้นจากผลการวิจัยล่าสุด เกี่ยวกับพฤติกรรมของเสาซึ่งคำนึงถึงผลของหน่วยแรงคงค้าง สภาพจริงของการยืดปลาย และกำลังที่ต่างกันของเหล็กชนิดต่างๆ โดยสมมุติว่าเนื่องจากหน่วยแรงคงค้าง ขีดจำกัดบนของการโก่งเดาะแบบอีลาสติก จะนิยามโดยหน่วยแรงเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ ครึ่งหนึ่งของจุดคราก (0.5Fy) ซึ่งเมื่อแทนค่าหน่วยแรงนี้ลงในสูตรออยเลอร์ จะได้ค่าอัตราส่วนความชะลูด Cc ซึ่งเป็นตัวกำหนดขอบเขตของการโก่งเดาะแบบอีลาสติก

$$C_c = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{F_y}} \qquad \text{------ (2.4)}$$

เมื่อ Fy มีหน่วยเป็น กก./ซม^2 ค่าของ Cc สามารถคำนวณได้ไม่ยาก แต่ AISC ได้ให้ค่าสำหรับเหล็กแต่ละชนิด(128.76 สำหรับA36 และ 108.82 สำหรับเหล็กที่มีจุดคราก 3,500 กก./ซม.2) สำหรับเสา ที่มีอัตราส่วนความชะลูดต่ำกว่า Cc จะใช้สมการพาราโบลิก ในสูตรนี้ Fa คือหน่วยแรงอัดตามแนวแกนที่ยอมให้ (P/A) และK คือตัวคูณความยาวประสิทธิผล

$$F_a = \frac{\left[1 - \frac{(KL/r)^2}{2C_c^2}\right]F_y}{\frac{5}{3} + \frac{3(KL/r)}{8C_c} - \frac{(KL/r)^3}{8C_c^3}} \qquad \text{------ (2.5)}$$

สำหรับค่า KL/r ที่มากกว่า Cc จะเกิดการโก่งเดาะแบบอิลาสติก จึงใช้สูตรออยเลอร์ โดยมีส่วนปลอดภัย 1.92 ซึ่งจะได้ว่า

$$F_a = \frac{12\pi^2 E}{23(KL/r)^2} \qquad \text{--------- (2.6)}$$

1. ข้อมูลที่ต้องทราบก่อนการออกแบบ

- ความยาวจริงตามแนวแกน (L; m.)
- ชั้นคุณภาพของเหล็กที่เลือก (ทราบค่า Fy และ Fu; ksc.)
- โหลดหรือแรงอัด (Fc; kg.) ซึ่งได้จากการวิเคราะห์
- ลักษณะของการยึดที่ปลายหัว-ท้าย

2. ขั้นตอนการออกแบบ

หาพื้นที่หน้าตัดเหล็กจาก

$$A_s \geq \frac{F_c}{0.60Fy} \qquad \text{---------- (2.7)}$$

นำไปเปิดตารางเหล็กเพื่อเลือกขนาดหน้าตัด

ตรวจสอบขนาดเหล็กที่เลือกจากตาราง 2 ส่วน คือ

$$[F_{ac}][A_s'] \geq F_c \qquad \text{---------- (2.8)}$$

และจากเงื่อนไขของการยึดที่ปลายหัว-ท้าย เปิดตารางหาค่า K

$$\frac{KL}{r_{min}} \leq 200{,}240 \qquad \text{---------- (2.9)}$$

200 สำหรับโครงสร้างหลัก

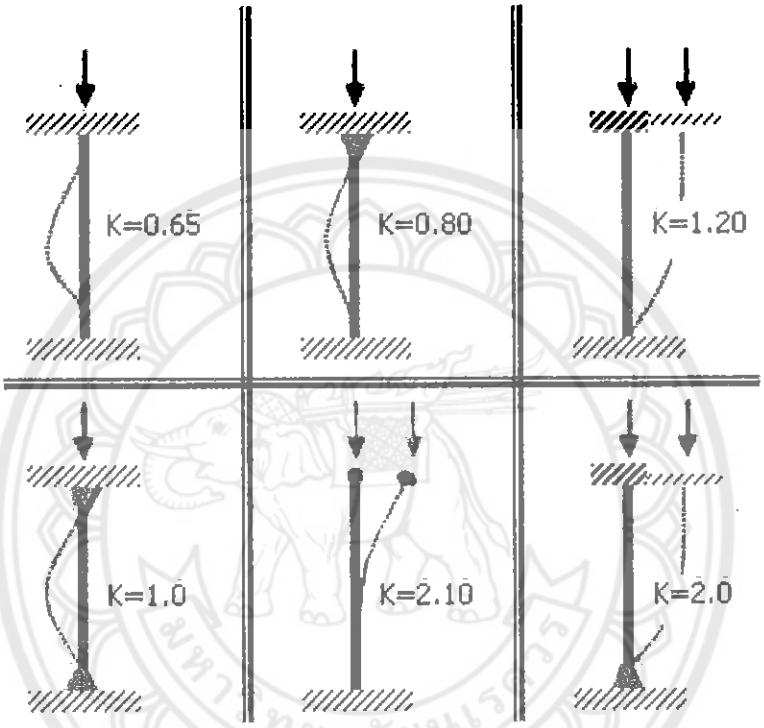
240 สำหรับโครงสร้างรอง

โดยค่า Fac หาได้จากการเปรียบเทียบค่าของ $\frac{KL}{r_{min}}$ และ $\sqrt{\frac{2\pi^2 E}{Fy}}$ โดยที่

$\frac{KL}{r_{min}} < \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{F_y}}$ จะได้ $F_a = \frac{\left[1 - \frac{(KL/r)^2}{2C_c^2}\right]F_y}{\frac{5}{3} + \frac{3(KL/r)}{8C_c} - \frac{(KL/r)^3}{8C_c^3}}$

และ

$$\frac{KL}{r_{min}} > \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{F_y}} \text{ จะได้} \qquad F_a = \frac{12\pi^2 E}{23(KL/r)^2}$$



รูปที่ 2.3 ตารางค่า K ตัวคูณความยาวประกอบประสิทธิผล

2.7.3 การออกแบบโครงสร้างคาน-เสา

มาตรฐาน AISC/ASD กำหนดสูตรออกแบบคาน – เสา ที่มีหน้าตัดแบบสมมาตรสองแกนและแกนเดียว โดยพิจารณาถึงสภาวะที่ผิวของหน้าตัดคาน – เสาจะเริ่มคราก ซึ่งจะให้สมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนของหน่วยแรงตามแนวแกน กับอัตราส่วนของหน่วยแรงดัด (Interaction Equation) โดยรวมถึงผลกระทบจากการโก่งตัวในแนวขวาง อันเนื่องมาจากแรงอัด

สำหรับส่วนโครงสร้างที่รับแรงดึงและแรงดัดร่วมกัน ให้พิจารณาออกแบบจากสมการ

$$\frac{fa}{Fa} + \frac{fbx}{Fbx} + \frac{fby}{Fby} \leq 1 \qquad \text{-------(2.10)}$$

เมื่อ fa = หน่วยแรงดึงที่เกิดขึ้นจริง

Fa = หน่วยแรงดึงที่ยอมให้

fbx = หน่วยแรงดึงที่เกิดจากโมเมนต์ดัดกระทำรอบแกน x

Fbx = หน่วยแรงดัดที่ยอมให้รอบแกนที่รับโมเมนต์ดัดรอบแกน x

fby = หน่วยแรงดึงที่เกิดจากโมเมนต์ดัดกระทำรอบแกน y

Fby = หน่วยแรงดัดที่ยอมให้รอบแกนที่รับโมเมนต์ดัดรอบแกน y

1. ข้อมูลที่ต้องทราบก่อนการออกแบบ

- ความยาวจริงตามแนวแกน (L; m.)
- ชั้นคุณภาพของเหล็กที่เลือก (ทราบค่า Fy และ Fu; ksc.)
- น้ำหนักที่กระทำ (P; kg.)
- โมเมนต์ที่กระทำ(M; kg.-m.)

2. ขั้นตอนการออกแบบ

หาพื้นที่หน้าตัดเหล็กจาก

$$A_s \geq \frac{F_c}{0.60Fy}$$

นำไปเปิดตารางเหล็กเพื่อเลือกขนาดหน้าตัด

และจากเงื่อนไขของการยึดที่ปลายหัว-ท้าย เปิดตารางหาค่า K (ตารางที่2.3)

$$\frac{KL}{r_{min}} \leq 200,240$$

200 สำหรับโครงสร้างหลัก

240 สำหรับโครงสร้างรอง

โดยค่า Fac หาได้จากการเปรียบเทียบค่าของ $\frac{KL}{r_{min}}$ และ $\sqrt{\frac{2\pi^2 E}{F_y}}$

$\frac{KL}{r_{min}} < \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{F_y}}$ จะได้ $F_a = \frac{\left[1 - \frac{(KL/r)^2}{2C_c^2}\right]F_y}{\frac{5}{3} + \frac{3(KL/r)}{8C_c} - \frac{(KL/r)^3}{8C_c^3}}$

และ

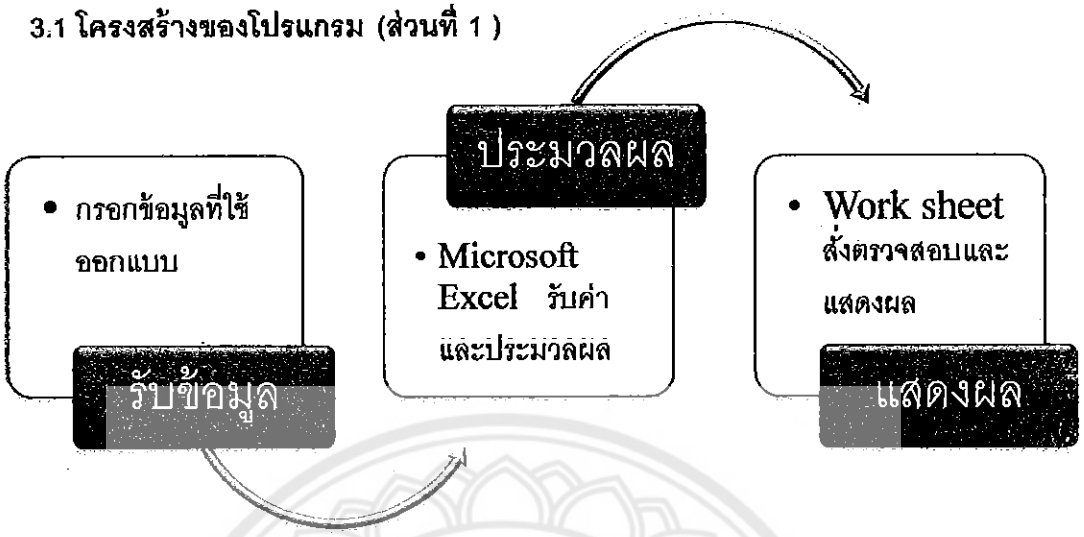
$$\frac{KL}{r_{min}} > \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{F_y}} \qquad \text{จะได้} \qquad F_a = \frac{12\pi^2 E}{23(KL/r)^2}$$

เมื่อหาค่าได้แล้ว นำมาแทนค่าในสมการที่ 2.10

$$\frac{fa}{Fa} + \frac{fbx}{Fbx} + \frac{fby}{Fby} \leq 1$$

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

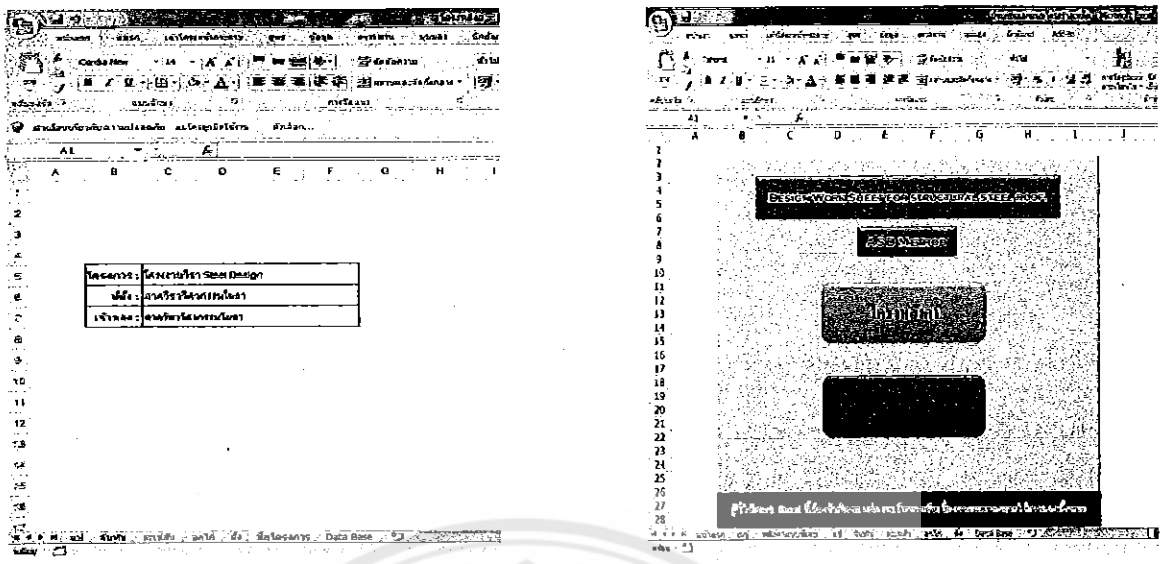
3.1 โครงสร้างของโปรแกรม (ส่วนที่ 1)



รูปที่ 3.1 การทำงานของ Work Sheet (ส่วนที่ 1)

3.2 หลักการพัฒนา Work sheet (ส่วนที่ 1)

ในการพัฒนาผลงานทางวิชาการโดยเฉพาะเกี่ยวการศึกษา การค้นคว้าหาความรู้จากเอกสารสื่อต่างๆ และอาศัยองค์ความรู้ที่ได้จาก วัฒนพงษ์ สุวรรณเก. 2544 โครงงานวิชา steel design ภาควิชาวิศวกรรมโยธา วิทยานิพนธ์ปริญญาตรี. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี มาช่วยให้การพัฒนาในการออกแบบพัฒนา Work Sheet สำหรับโครงสร้างหลังคาเหล็กรูปพรรณ(ส่วนที่ 1)ได้นำแนวความคิด ทฤษฎี หลักการไปใช้อ้างอิง (Reference) เพื่อให้เกิดประโยชน์ในการพัฒนาทางวิชาการให้มีองค์ความรู้ที่กว้างขวางขึ้น ให้มีความสะดวกต่อการใช้งาน และปรับปรุงแก้ไข และเพิ่มเติมในบางส่วน ให้มีความสวยงามและชัดเจนมากขึ้น ส่วนในสูตรฟังก์ชัน ต่างๆ ได้มีพัฒนาและปรับปรุงในบางส่วน เพื่อแนวความคิด ทฤษฎี หลักการ ดังกล่าว ให้มีความกว้างขวางมากขึ้นนั่นเอง



รูปที่ 3.2 แสดงการพัฒนางานโปรแกรม Work Sheet (ส่วนที่1)

3.3 วิธีการใช้งานโปรแกรม

รูปที่ 3.3 แสดงวิธีใช้งานโปรแกรม Work Sheet

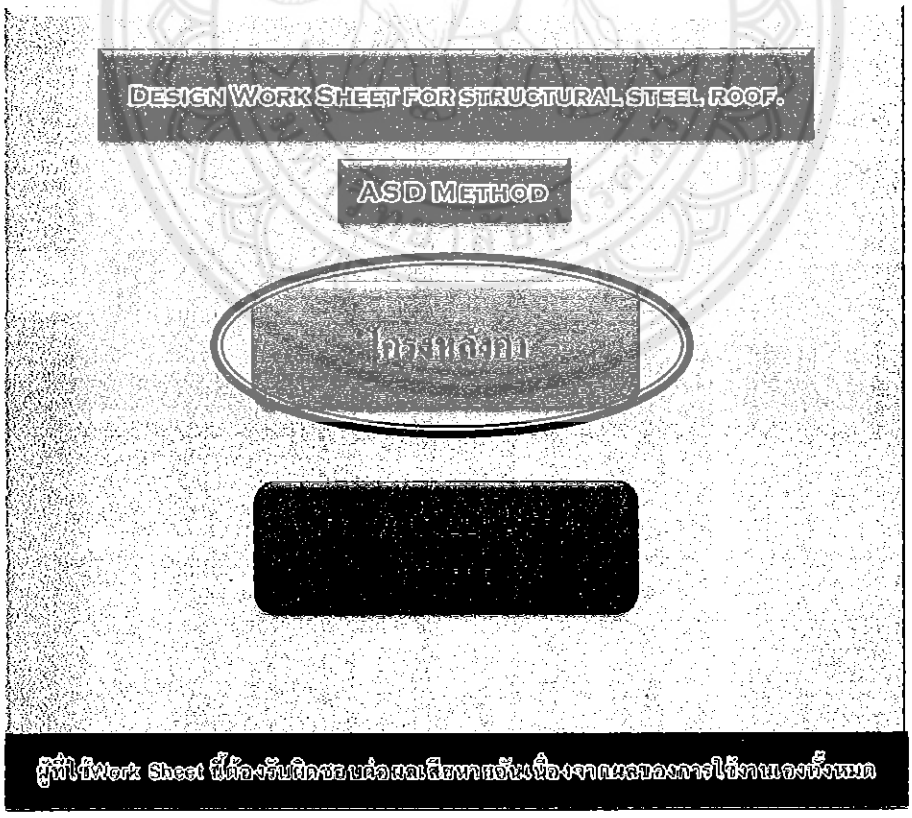
3.5.2 ส่วนของตารางเหล็กประกอบด้วยเหล็กที่นิยมในท้องตลาด

- EQUAL ANGLE
- CHANNEL
- WIDE FLANGE
- H-SECTION
- I-SECTION
- LIGHT CHANNE
- LIGHT LIP CHANNEL
- CARBON STEEL SQUARE
- CARBON STEEL TUBES

3.5.3 ขั้นตอนการใช้โปรแกรม

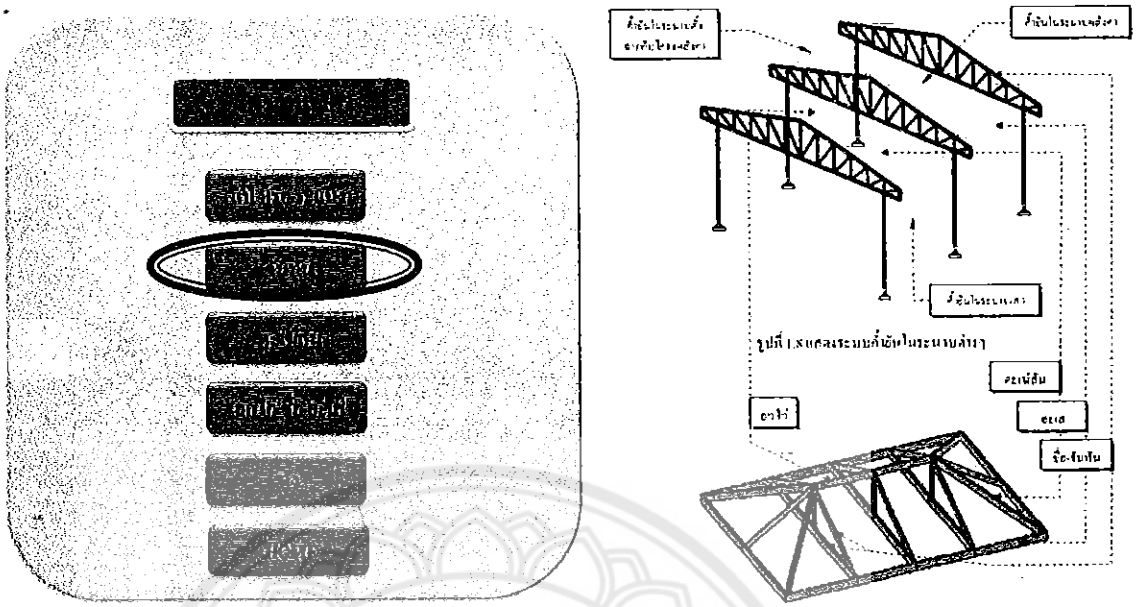
จะกล่าวถึงขั้นตอนทั่วๆไปในการใช้งานดังนี้

1. เข้าไปที่ Work sheet ออกแบบโครงสร้างหลังคาเหล็กรูปพรรณ



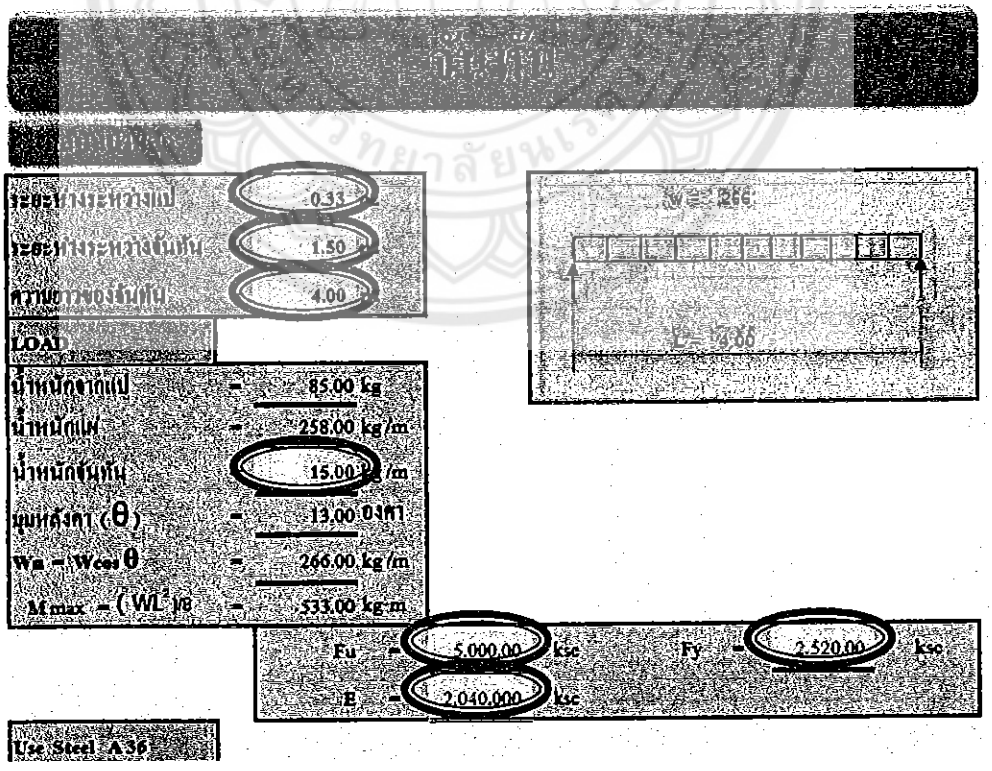
รูปที่ 3.4 แสดงหน้าแรกของโปรแกรม Work Sheet (การเข้าเมนูโครงหลังคา)

2. คลิกเลือกประเภทที่ต้องการออกแบบ



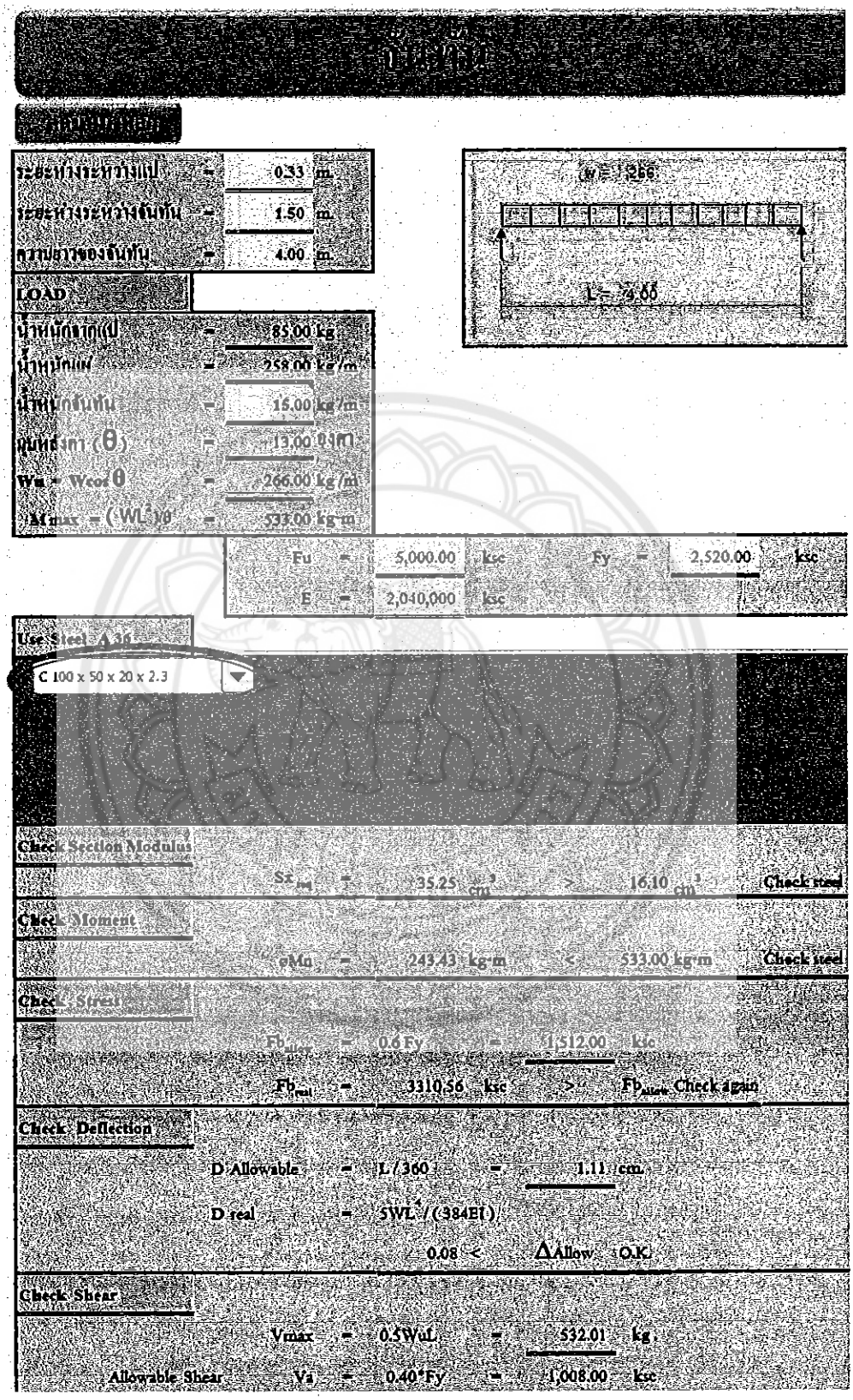
รูปที่ 3.5 แสดงเมนูโครงสร้างหลังคาในโปรแกรม Work Sheet

3. เมื่อเข้าสู่หน้าต่างใส่ค่า ให้ใส่ค่าที่ต้องการในช่องที่มี ตัวหนังสือสีน้ำเงิน และมีพื้นหลังสีเหลือง



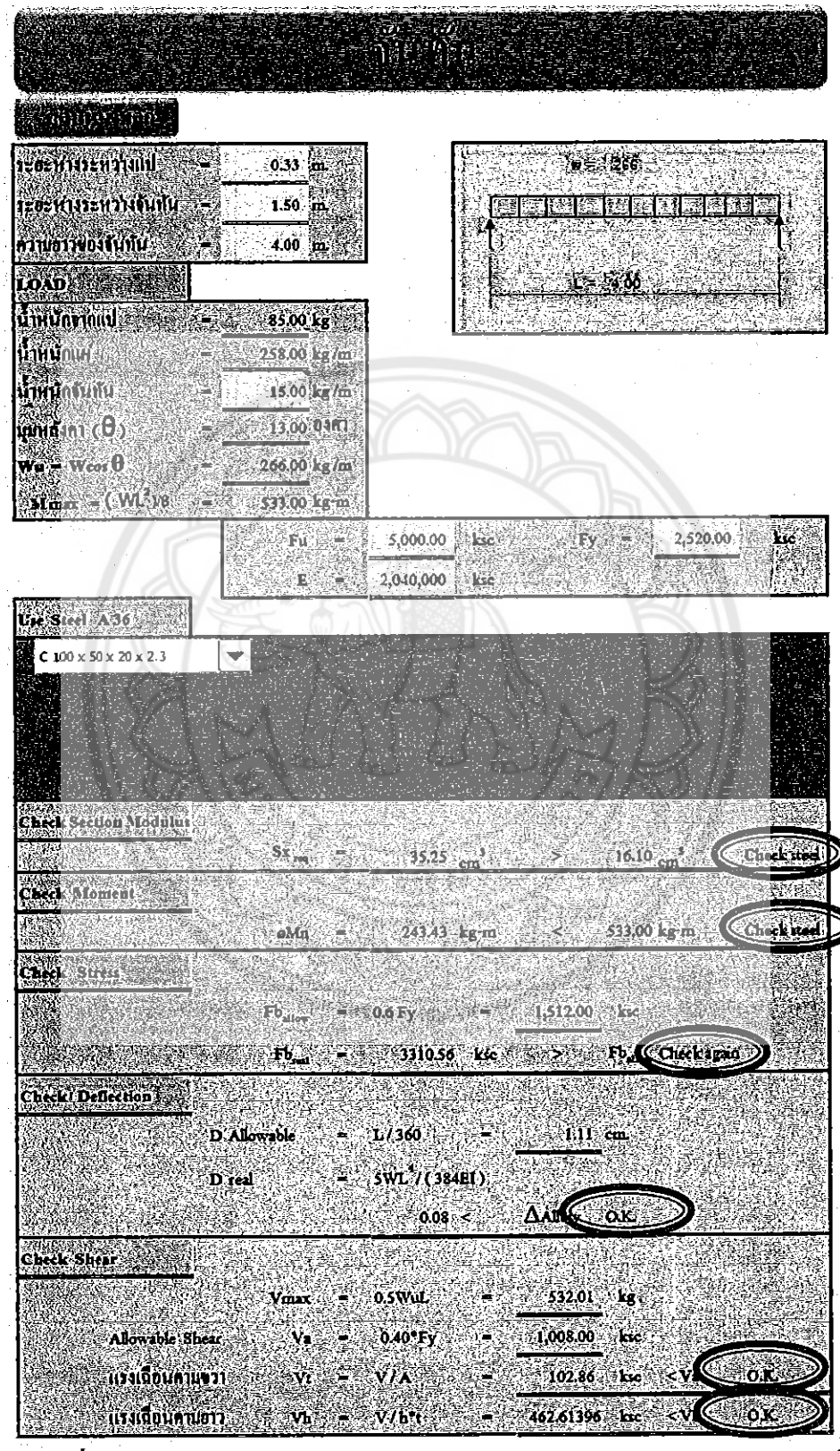
รูปที่ 3.6 แสดงการใส่ค่าที่ใช้ออกแบบในโปรแกรม Work Sheet ออกแบบ จันทัน

4. เมื่อ Work sheet คำนวณค่า แล้ว ให้เลือก ขนาดของเหล็กที่ต้องการ



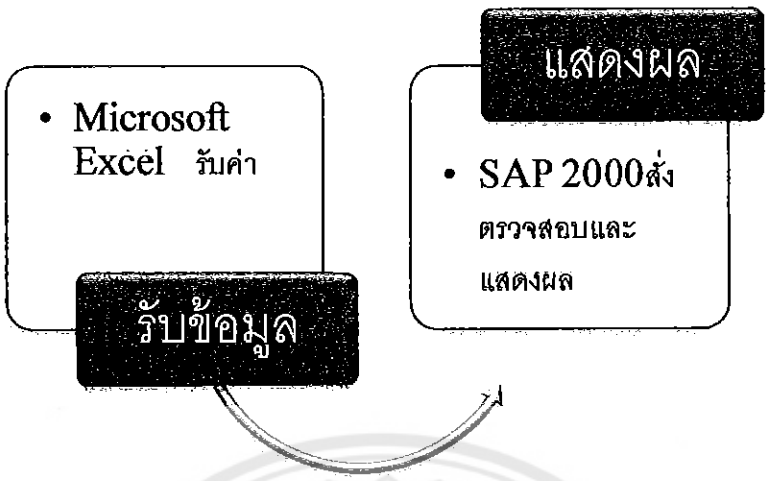
รูปที่ 3.7 แสดงการเลือกเหล็กในโปรแกรม Work Sheet ออกแบบ จันทัน

5. หลังจากนั้น Work sheet จะทำการคำนวณค่าต่างๆ เมื่อคำนวณค่าเสร็จจะมีการตรวจสอบว่าใช้ได้หรือไม่ได้



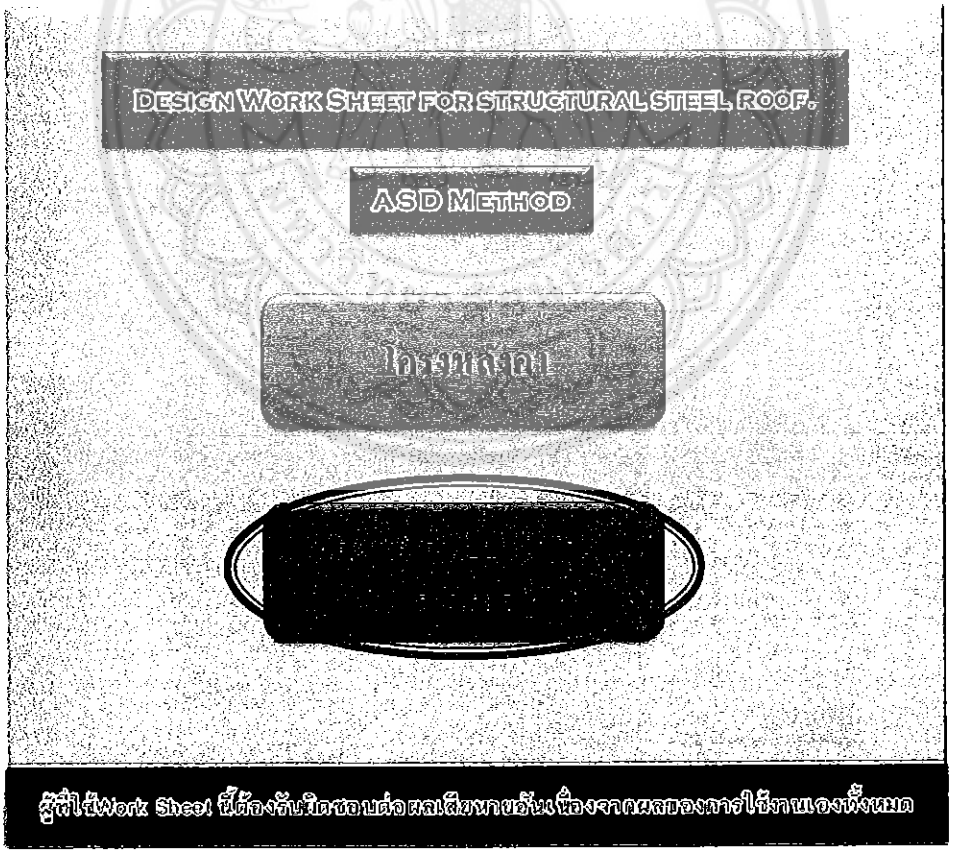
รูปที่ 3.8 แสดงการตรวจสอบค่าต่างๆในโปรแกรม Work Sheet ออกแบบ จันทัน

3.6 ขั้นตอนการทำงานการออกแบบหน้าตัดไม่สม่ำเสมอของ Work Sheet (ส่วนที่ 2)



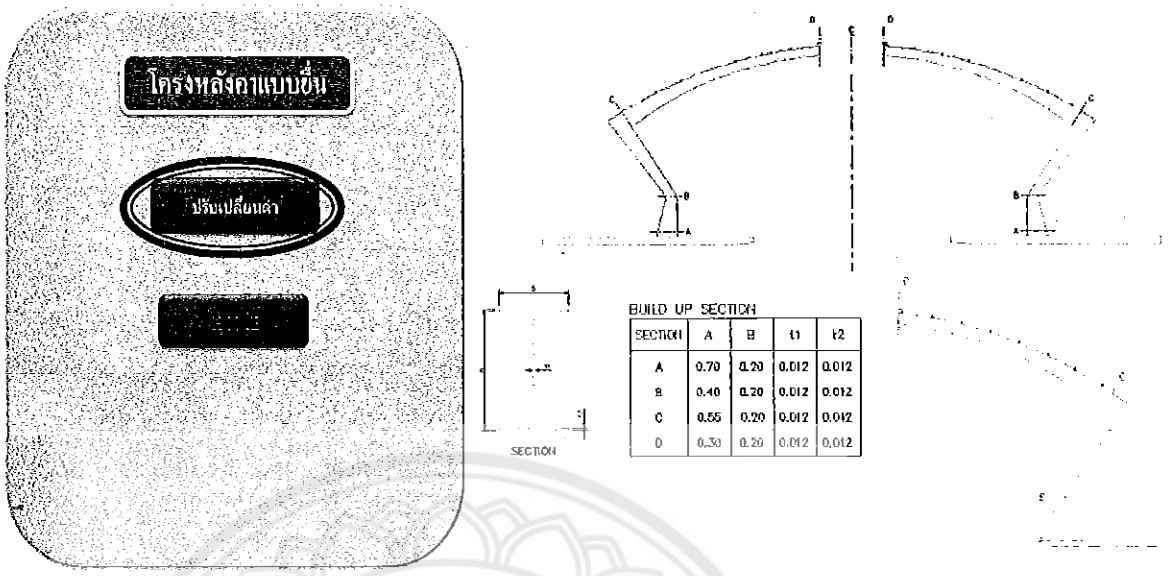
รูปที่ 3.9 การทำงานของโปรแกรม Microsoft Excel - SAP 2000 (ส่วนที่ 2)

1. เข้าไปที่ Work sheet ออกแบบโครงสร้างหลังคาเหล็กรูปพรรณรูป



รูปที่ 3.10 แสดงหน้าแรกของโปรแกรม Work Sheet (การเข้าเมนูโครงหลังคาแบบหน้าตัดไม่สม่ำเสมอ)

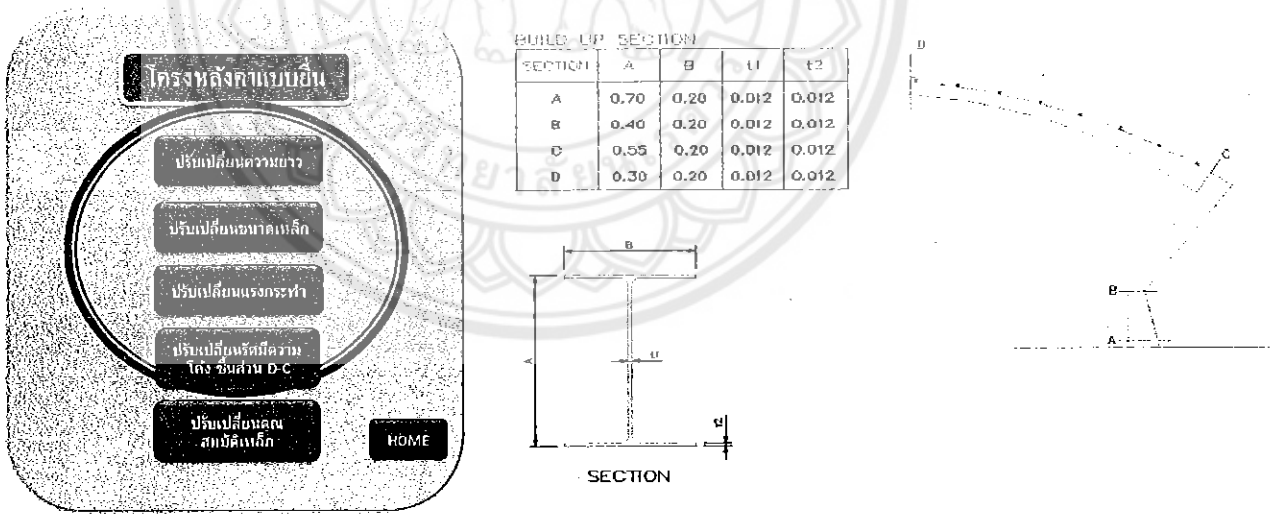
2. คลิกเลือกประเภทที่ต้องการออกแบบ



SECTION	A	B	t1	t2
A	0.70	0.20	0.012	0.012
B	0.40	0.20	0.012	0.012
C	0.55	0.20	0.012	0.012
D	0.30	0.20	0.012	0.012

รูปที่ 3.11 **แสดงหน้าโครงหลังคาแบบยื่นของโปรแกรม** Work Sheet (**การเข้าเมนู ปรับเปลี่ยนค่า**)

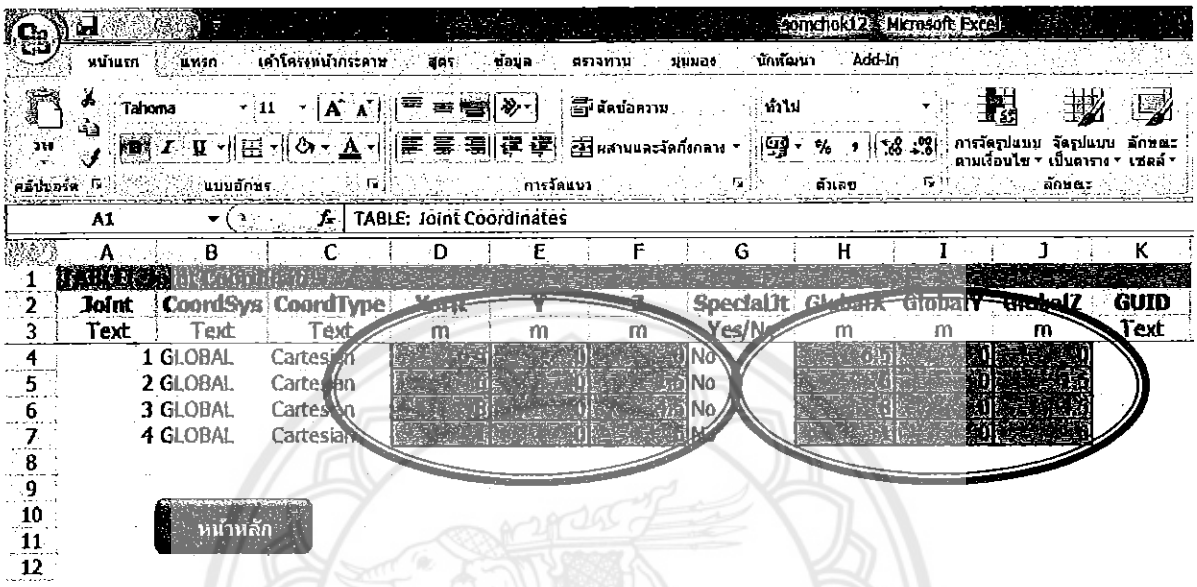
3. คลิกเลือกประเภทที่ต้องการปรับเปลี่ยนในการออกแบบ



SECTION	A	B	t1	t2
A	0.70	0.20	0.012	0.012
B	0.40	0.20	0.012	0.012
C	0.55	0.20	0.012	0.012
D	0.30	0.20	0.012	0.012

รูปที่ 3.12 **แสดงหน้าโครงหลังคาแบบยื่นของโปรแกรม** Work Sheet (**การเข้าเมนู ปรับเปลี่ยนค่าความยาว**)

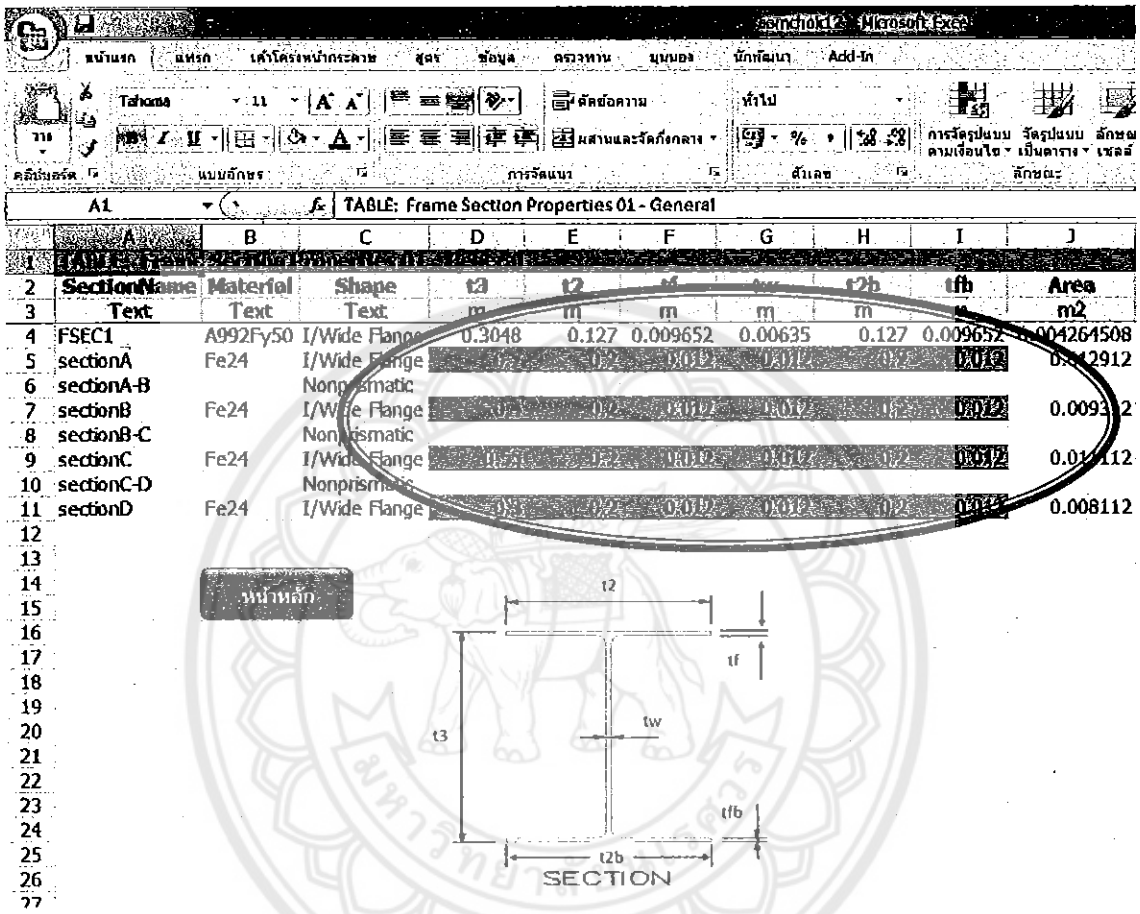
4. เมื่อเข้าสู่หน้าต่างใส่ค่า ให้ใส่ค่าที่ต้องการในช่องที่ มีพื้นหลังสีส้ม การเปลี่ยนตำแหน่งของแต่ละ Joint เลือกหน้า Joint Coordinates เปลี่ยนตำแหน่งแต่ละ joint ตาม พิกัด X Y Z



รูปที่ 3.13 แสดงหน้าโครงหลังคาแบบยื่นของโปรแกรม Work Sheet (**การเข้าเมนูปรับเปลี่ยนขนาดเหล็ก**)

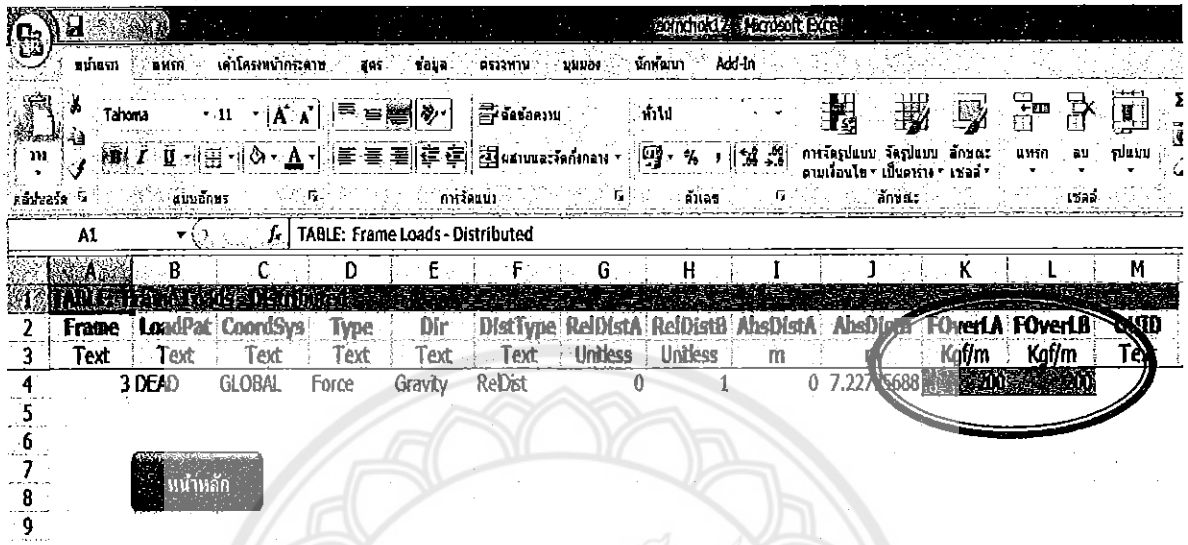
1551925
ว5.
ก529
2553

5. เมื่อเข้าสู่หน้าต่างใส่ค่า ให้ใส่ค่าที่ต้องการในช่องที่ มีพื้นหลังสีส้มการเปลี่ยนขนาดเหล็กของแต่ละ Section และทำการเลือกหน้า Frame Props 01 - General



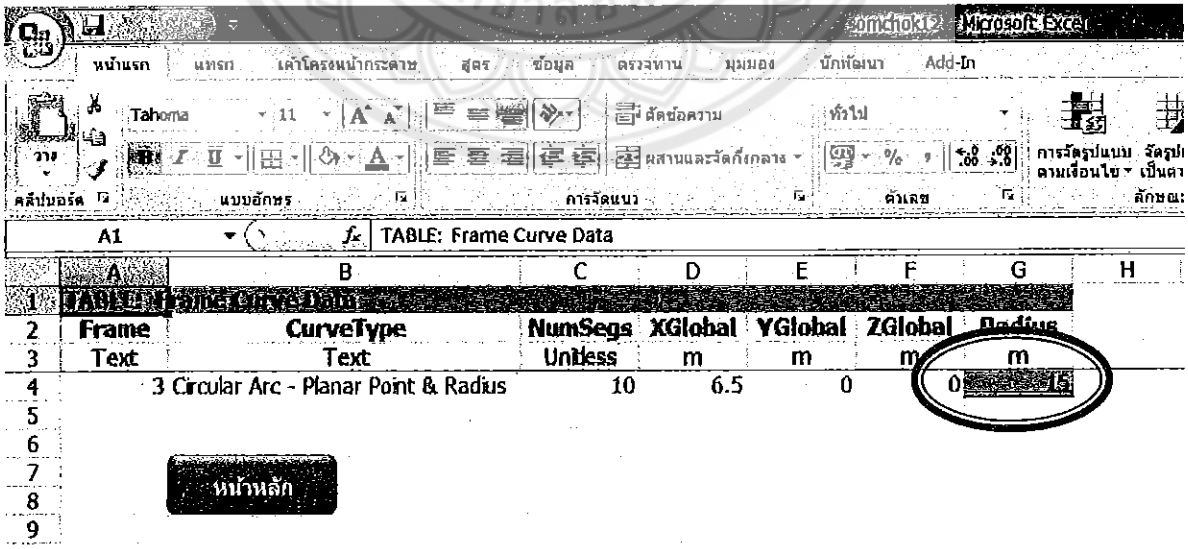
รูปที่ 3.14 แสดงหน้าโครงหลังคาแบบยื่นของโปรแกรม Work Sheet (**การเข้าเมนู** ปรับเปลี่ยนค่าความยาว)

6. เมื่อเข้าสู่หน้าต่างใส่ค่า ให้ใส่ค่าที่ต้องการในช่องที่ มีพื้นหลังสีส้มการใส่แรงที่กระทำต่อโครงสร้าง เลือก Frame loads - Distributed

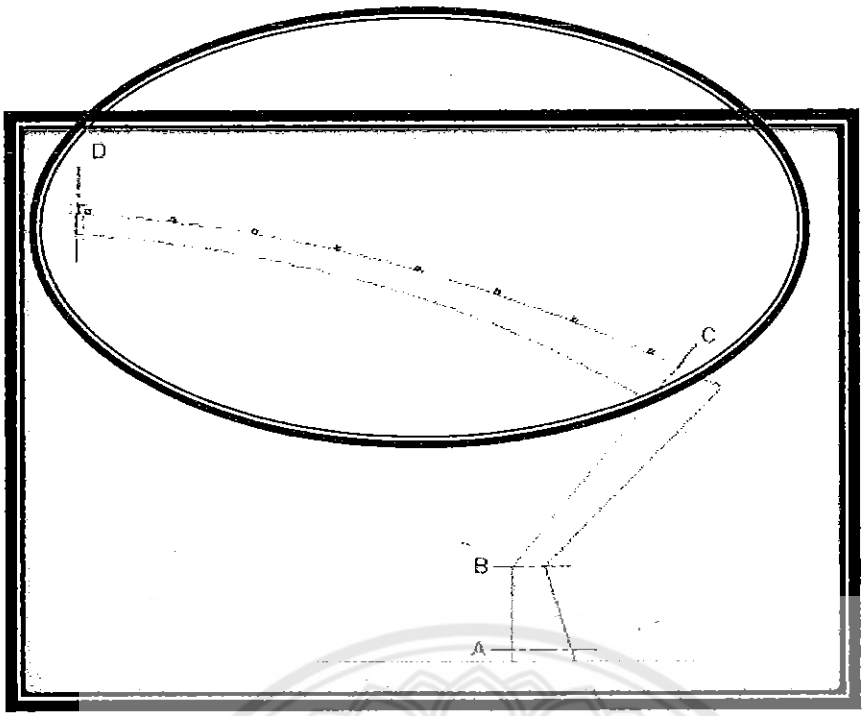


รูปที่ 3.15 แสดงหน้าโครงหลังคาแบบยื่นของโปรแกรม Work Sheet (การเข้าเมนู ปรับเปลี่ยนแรงกระทำ)

7. เมื่อเข้าสู่หน้าต่างใส่ค่า ให้ใส่ค่าที่ต้องการในช่องที่ มีพื้นหลังสีส้มการใส่ค่าความโค้งของ ชิ้นส่วนเลือก Frame Curve Data

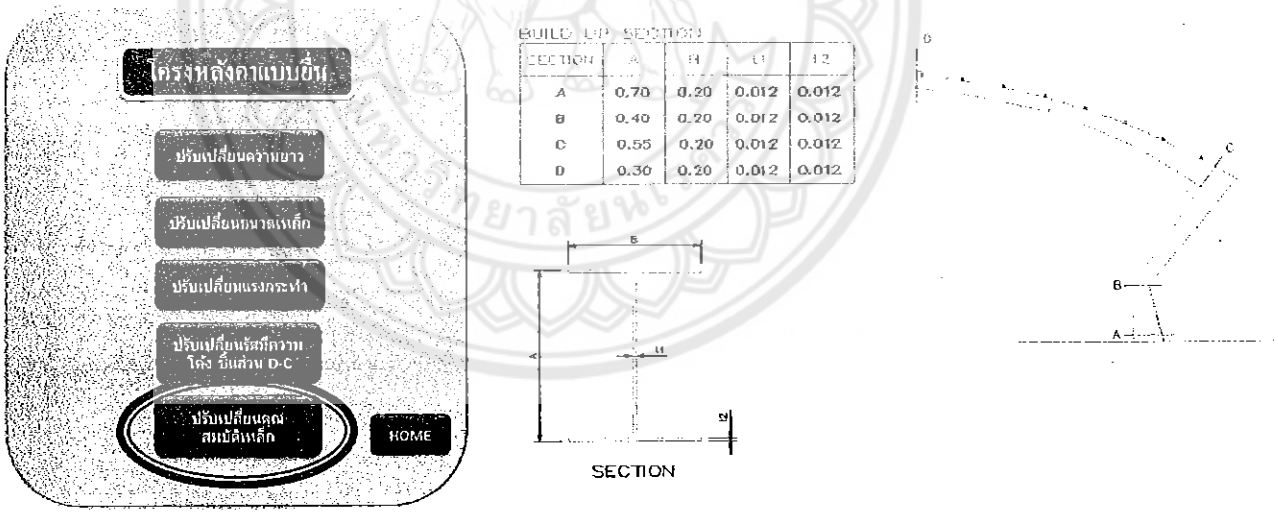


รูปที่ 3.16 แสดงหน้าโครงหลังคาแบบยื่นของโปรแกรม Work Sheet (การเข้าเมนู ปรับเปลี่ยนรัศมีความโค้ง ชิ้นส่วน C-D ดังแสดงในรูปที่ 3.15)



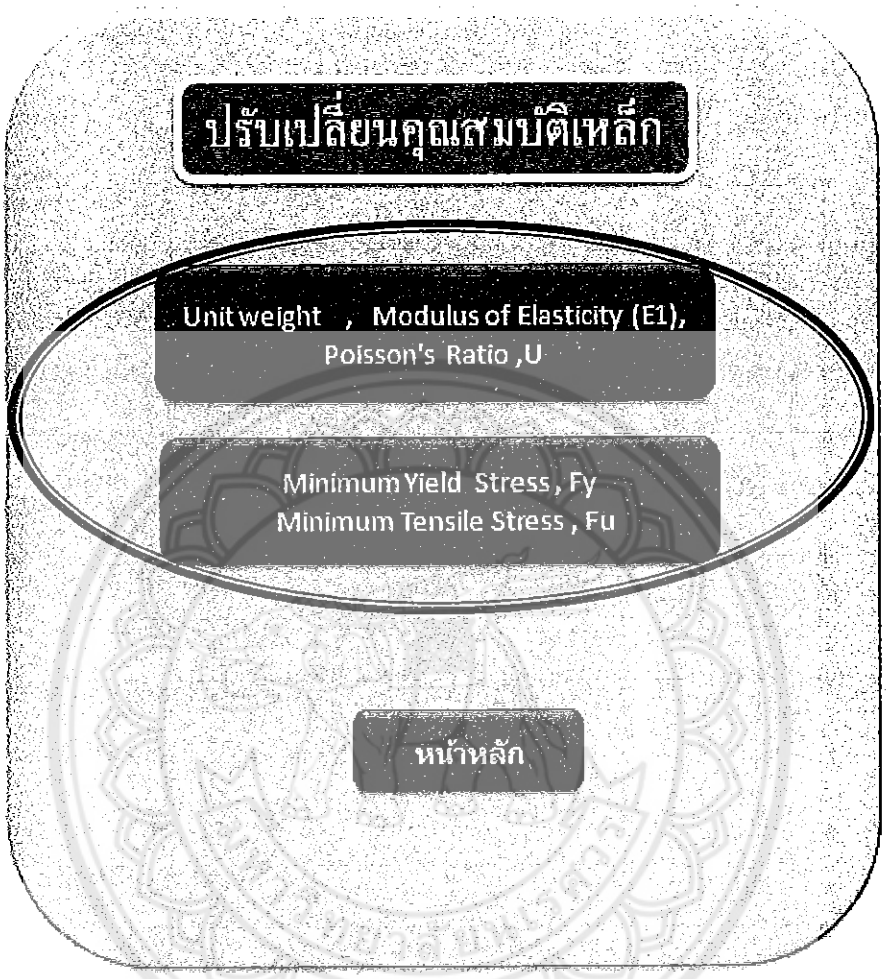
รูปที่ 3.17 แสดงชิ้นส่วน A-B , B-C , C-D)

8. คลิกเลือกประเภทที่ต้องการปรับเปลี่ยนในการออกแบบ



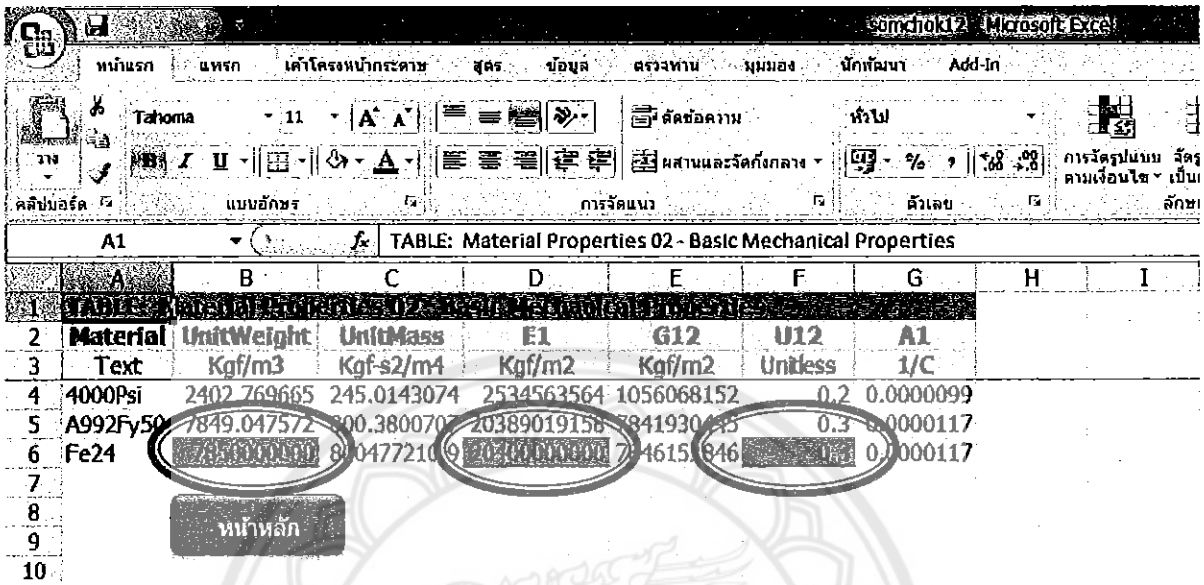
รูปที่ 3.18 แสดงหน้าโครงหลังคาแบบยื่นของโปรแกรม Work Sheet (การเข้าเมนู ปรับเปลี่ยนค่าคุณสมบัติเหล็ก)

9. คลิกเลือกประเภทที่ต้องการปรับเปลี่ยนในการออกแบบสามารถปรับเปลี่ยนคุณสมบัติของเหล็กได้



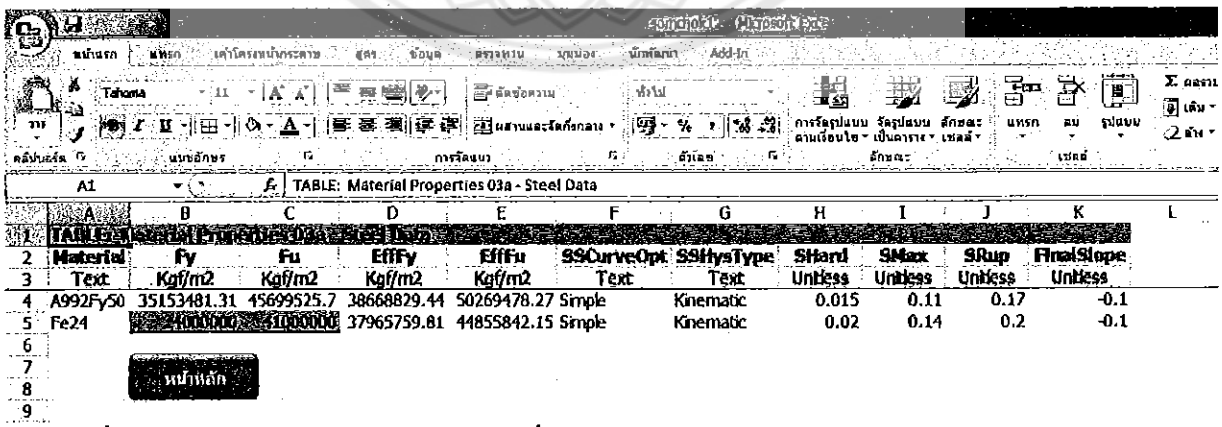
รูปที่ 3.19 แสดงหน้าการเข้าเมนูปรับเปลี่ยนค่าคุณสมบัติเหล็กของโปรแกรม Work Sheet

10. เมื่อเข้าสู่หน้าต่างใส่ค่า ให้ใส่ค่าที่ต้องการในช่องที่ มีพื้นหลังสีส้ม Unit weight Modulus of Elasticity(E1) Poisson's Ratio (U)



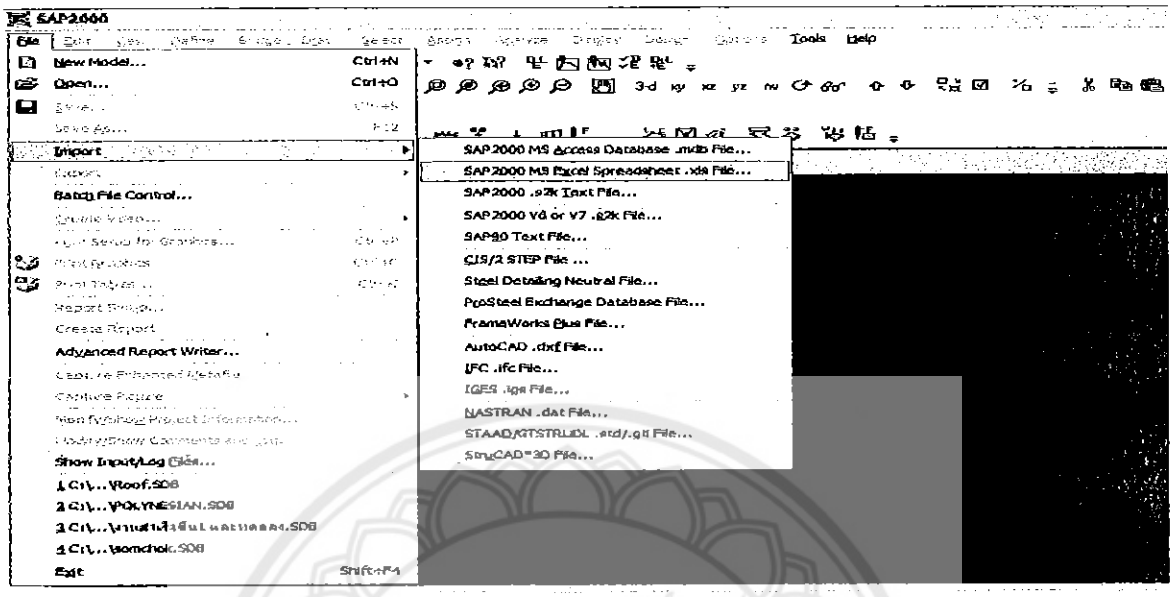
รูปที่ 3.20 แสดงหน้าการเข้าเมนูปรับเปลี่ยนค่าคุณสมบัติเหล็กของโปรแกรม Work Sheet (การเข้าเมนูปรับเปลี่ยนค่า Unit weight Modulus of Elasticity (E1) Poisson's Ratio (U))

11. เมื่อเข้าสู่หน้าต่างใส่ค่า ให้ใส่ค่าที่ต้องการในช่องที่ มีพื้นหลังสีส้ม Minimum Yield Stress (Fy) Minimum Tensile Stress (Fu)



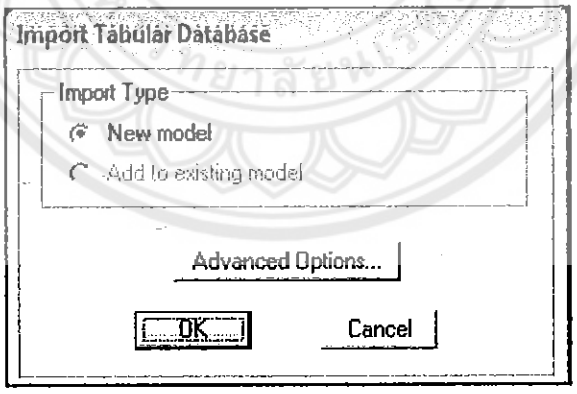
รูปที่ 3.21 แสดงหน้าการเข้าเมนูปรับเปลี่ยนค่าคุณสมบัติเหล็กของโปรแกรม Work Sheet (การเข้าเมนูปรับเปลี่ยนค่า Minimum Yield Stress (Fy) Minimum Tensile Stress (Fu) Ratio (U))

12. นำข้อมูลใหม่ในตาราง Excel Import เข้าในโปรแกรม SAP2000



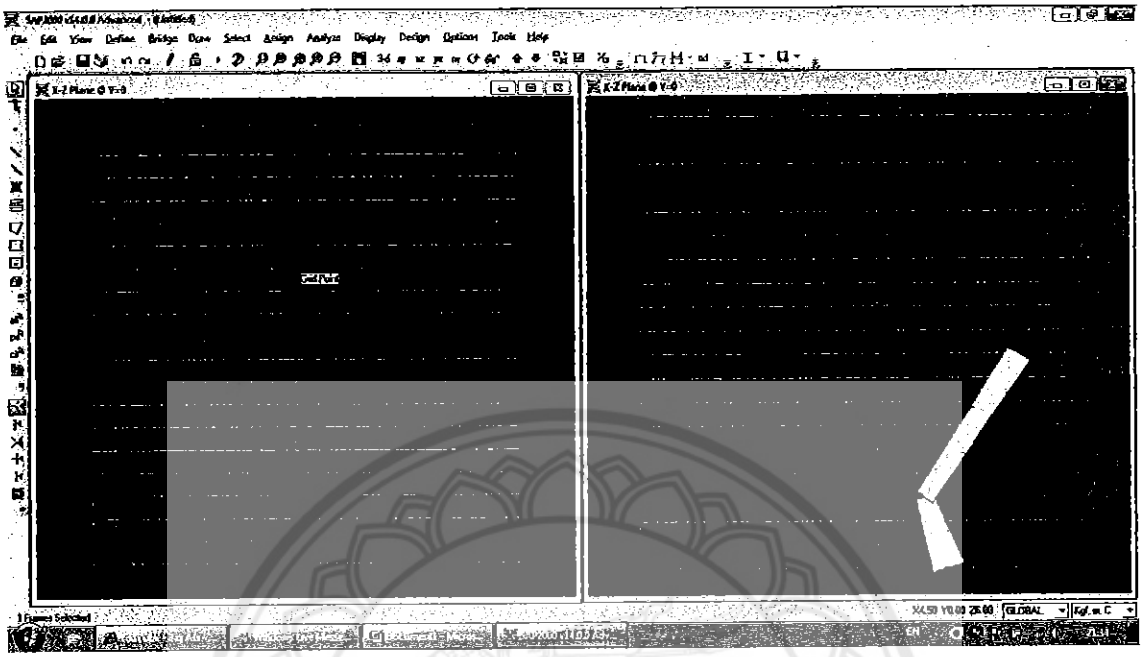
รูปที่ 3.22 แสดงการนำข้อมูลใหม่ในตาราง Excel Import เข้าในโปรแกรม SAP2000

13. เลือก New model แล้ว -----> OK



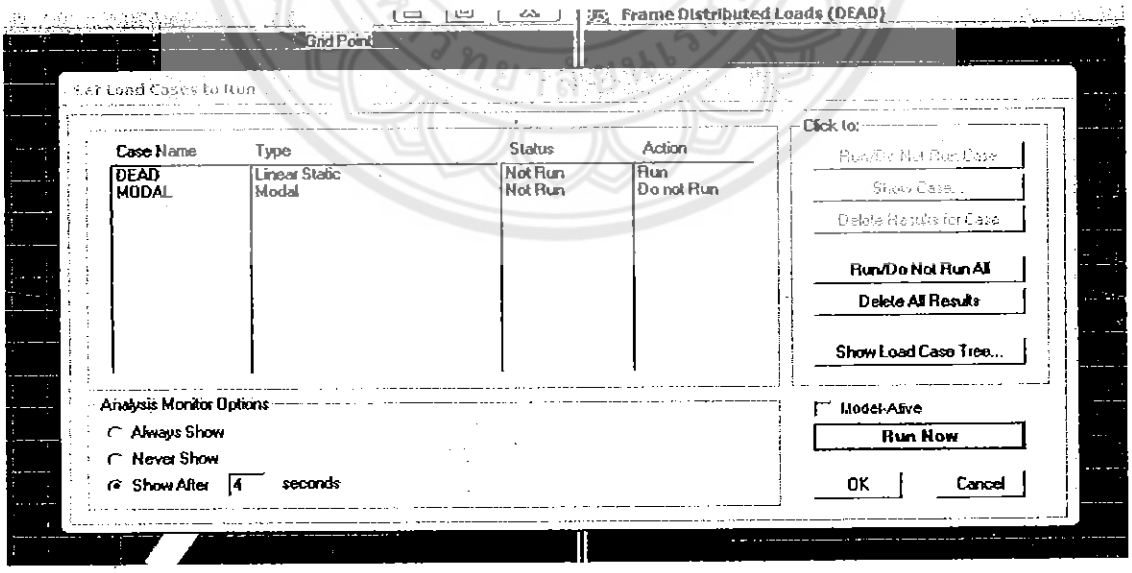
รูปที่ 3.23 แสดงหน้า Import Tabular Database ในโปรแกรม SAP2000

14. จากนั้นโปรแกรมจะแสดงผลออกมา ดังรูป



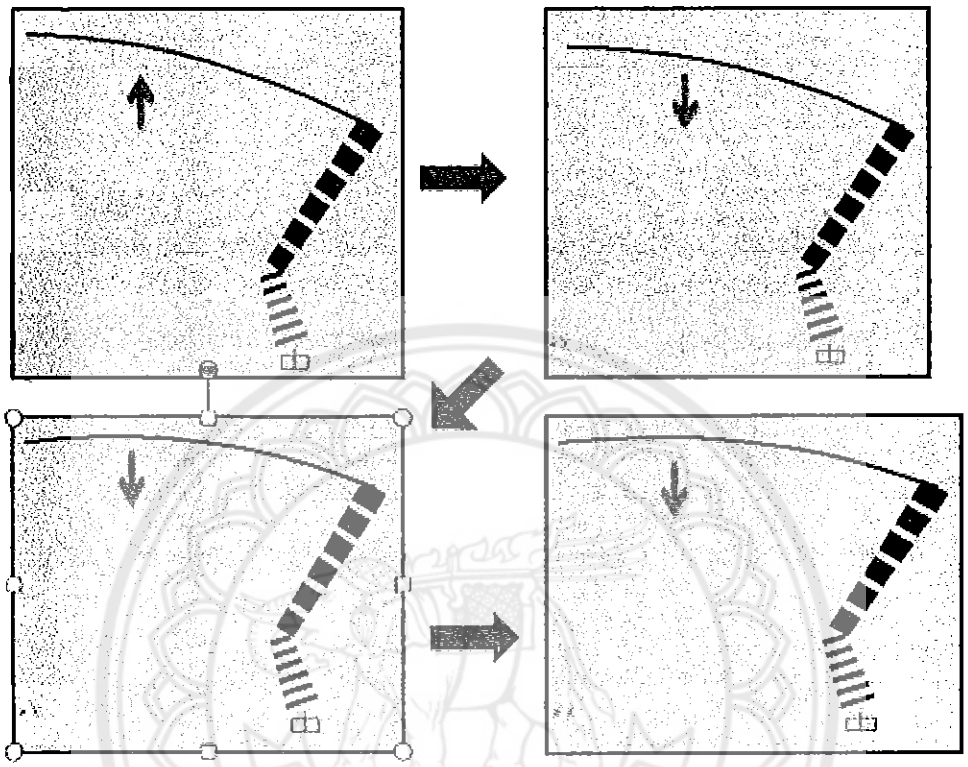
รูปที่ 3.24 แสดงโครงสร้างหลังคาแบบหน้าตัดไม่สม่ำเสมอ ในโปรแกรม SAP2000

15. ทำการทดสอบความวิบัติของโครงสร้างเหล็กที่ออกแบบว่ารับแรงที่กระทำได้หรือไม่ กด F5 คลิก RUN NOW



รูปที่ 3.25 แสดงการ RUN ของโครงสร้างหลังคาเหล็กในโปรแกรม SAP2000

16. ดูการเคลื่อนที่ของโครงสร้างเมื่อถูกแรงกระทำเพื่อพิจารณาว่าเหมาะสมในการออกแบบหรือไม่



รูปที่ 3.26 แสดงการเคลื่อนที่ของโครงสร้างหลังคาเหล็กในโปรแกรม SAP2000

บทที่ 4
ผลการดำเนินการวิจัย

จากการศึกษาถึงการใช้งาน Work Sheet เราสามารถคำนวณการออกแบบโครงสร้างเหล็กได้อย่างรวดเร็วมีความแม่นยำสูงกว่า รวมถึงช่วยลดเวลาในการออกแบบและแก้ไข และเมื่อนำ Work Sheet ไปเปรียบเทียบกับการคำนวณด้วยมือ ผลที่ได้ได้ปริมาณเหล็กเท่ากัน จะเห็นได้ชัดว่า สามารถนำไปใช้งานได้จริง

4.1 ตัวอย่างการใช้ Work sheet และการคำนวณด้วยมือ (แป หรือ ระแนง)

4.1.1 ตัวอย่างการออกแบบแป หรือ ระแนง

หน้ากว้าง = 21 m, ระยะห่างระหว่างแป = 1.00 m, ระยะห่างระหว่างจันทัน = 1.50 mน้ำหนักหลังคา = 20 kg/m^2= 20 kg/m^2 x 1 m = 20 kg/m Fu = 5,000 ksc ,Fy = 2520 ksc , E=2,040,000 ksc

น้ำหนักโครงหลังคา = 0.333x21+5xระยะห่างระหว่างแป	= 11.993	kg/m
สมมติน้ำหนักแป	= 10	kg/m
น้ำหนักบรรทุกจร (LL)	= 50	kg/m
Wu	= 91.99	kg/m
แรงลมตามบัญญัติกรุงเทพมหานครตามความสูง	= 80	kg/m
ความสูงของตั้ง (Y)	= 2.50	m
ครึ่งหนึ่งของความยาวหน้ากว้าง (X)	= 10.50	m
Angle = arctan(2.50/10.50)	= 13.39 องศา ใช้ 13 องศา	
แรงลมตั้งฉากกับหลังคาตามสูตร(KETCHUM)	= (80x13/45)	
	= 23.11 kg/m	
Wux = Wu sinθ	= 91.99sin13	
	= 20.693 kg/m	
Wuy = Wu cosθ+แรงลมตั้งฉากกับหลังคา	= 91.99cos13+23.11	
	= 112.742 kg/m	
Mx = (1/8) Wuy(L^2) = (1/8)(112.742)(1.50^2)	= 31.708	kg-m
My = (1/8) Wux(L^2) = (1/8)(20.693)(1.50^2)	= 5.820	kg-m

F bx = 0.6* Fy = 1512 ksc

F by = 0.75* Fy = 1890 ksc

เลือกใช้เหล็ก C 100x50x20x2.3

A = 5.17 cm^2,W = 4.06 kg/m,Ix= 80.70 cm^4,Iy = 19.00 cm^4,Sx = 16.10 cm^3,Sy = 6.06 cm^3

t = 0.23 cm, h= 5.00 cm

ตรวจสอบ Stress หากำลังรับแรงดัดที่เกิดขึ้นจริง fb และหาหน่วยแรงดัดที่ยอมให้ Fb

จากสูตร f bx / F bx + f by / F by = (Mx/Sx) / Fbx + (My/Sy) / Fby

=((31.708*100/16.10)/1512)+((5.820*100/6.06)/1890))

= 0.13+0.051

= 0.181 < 1.00 OK.

ตรวจสอบการโก่งเดาะ

$D_{Allowable}$ = L / 360 = 150 / 360 = 0.42 cm

D ในแนวแกน Y = (5 * Wy * L^4) / (384 * E* Ix)

= (5*112.742*150^4)/(384*2,040,000*80.70*100)

= 0.045 < $D_{Allowable}$ OK.

D ในแนวแกน X = (5 * Wx * L^4) / (384 * E* Iy)

= (5*20.693*150^4)/(384*2,040,000*19.00*100)

= 0.035 < $D_{Allowable}$ OK.

ตรวจสอบ Shear

Vy = 0.50(Wy)(L) = 0.50(112.742)(1.50)

= 84.556 kg

Allowable Shear = 0.40*Fy = 0.40*2520

= 1,008.00 kg/cm^2

แรงเฉือนตามขวาง Vt = V/A = 84.556/5.17

= 16.35 kg/cm^2 < Allowable Shear OK.

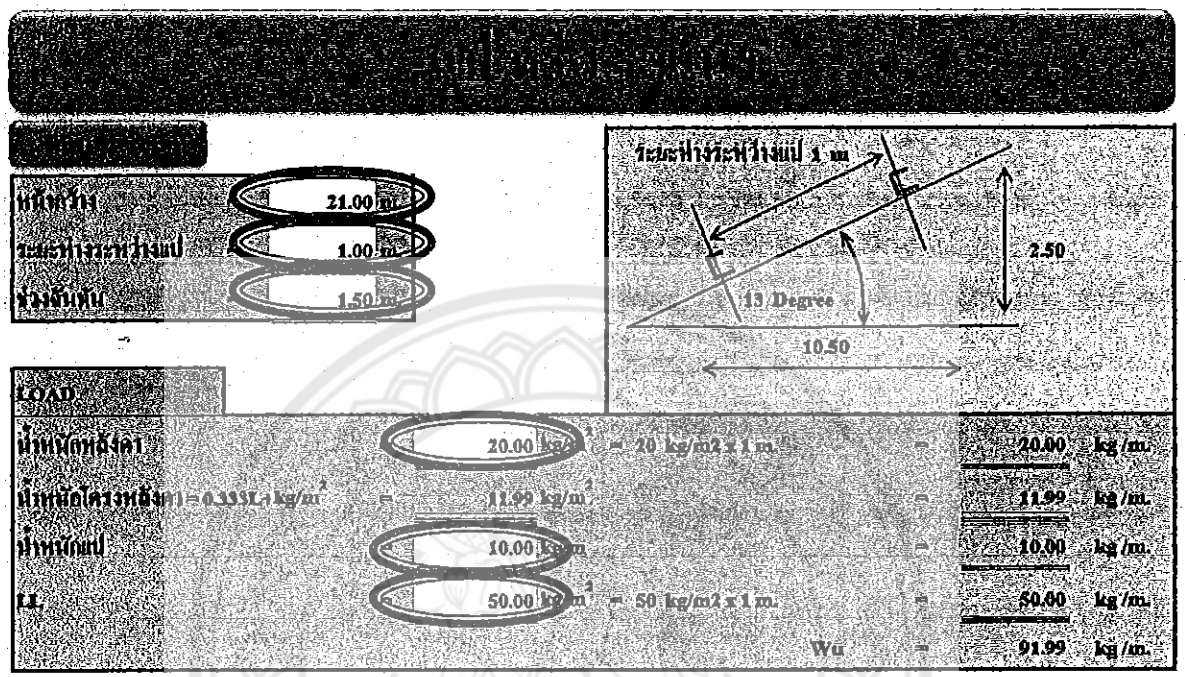
แรงเฉือนตามยาว Vh = V/h*t = 84.556/(5.00*0.23)

= 73.526 kg/cm^2 < Allowable Shear OK.

ดังนั้น หน้าตัดเหล็ก C 100x50x20x2.3 **สามารถใช้งานได้จริง**

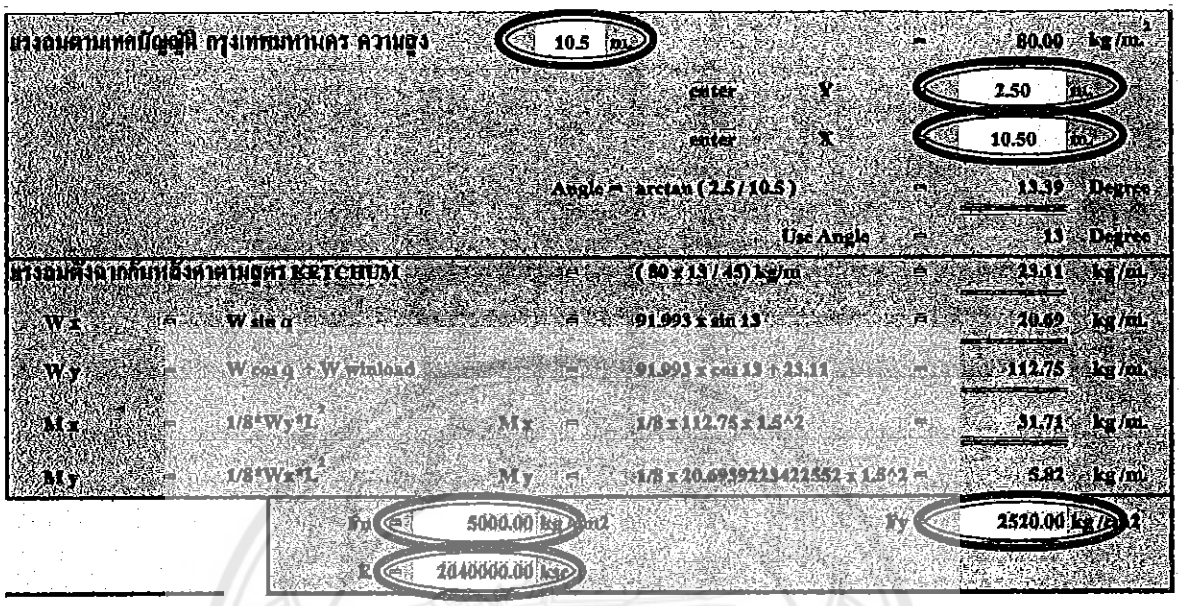
4.1.2 การคำนวณด้วย Work sheet

1. การใส่ค่าหน้ากว้าง ระยะห่างระหว่างแป ช่วงจันทัน และ น้ำหนักของหลังคาที่ต้องการในการออกแบบ



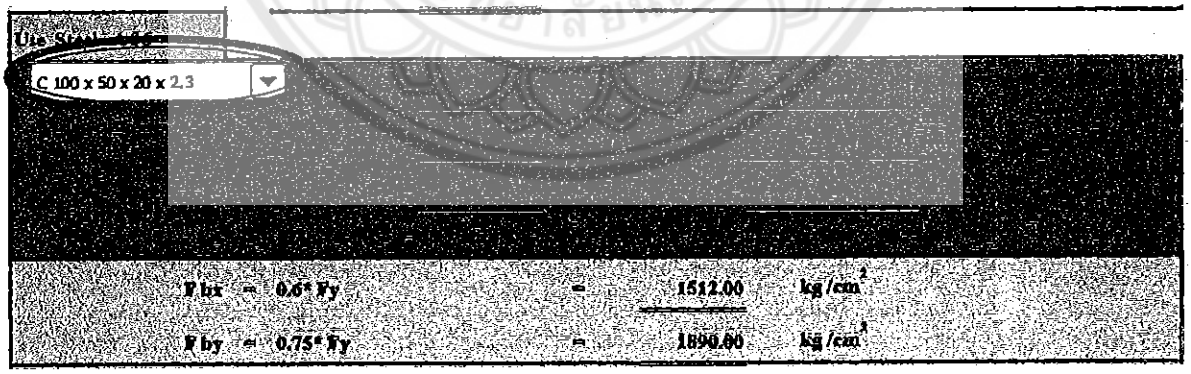
รูปที่ 4.1 แสดงการออกแบบ แป หรือ ระแนง ของ Work Sheet (การใส่ค่าหน้ากว้าง ระยะห่างระหว่างแป ช่วงจันทัน และ น้ำหนักของหลังคา)

2. การใส่ค่าแรงลมตามเทศบัญญัติ หาแรงในแนวแกนต่างๆ และใส่ค่า Fu , Fy , E



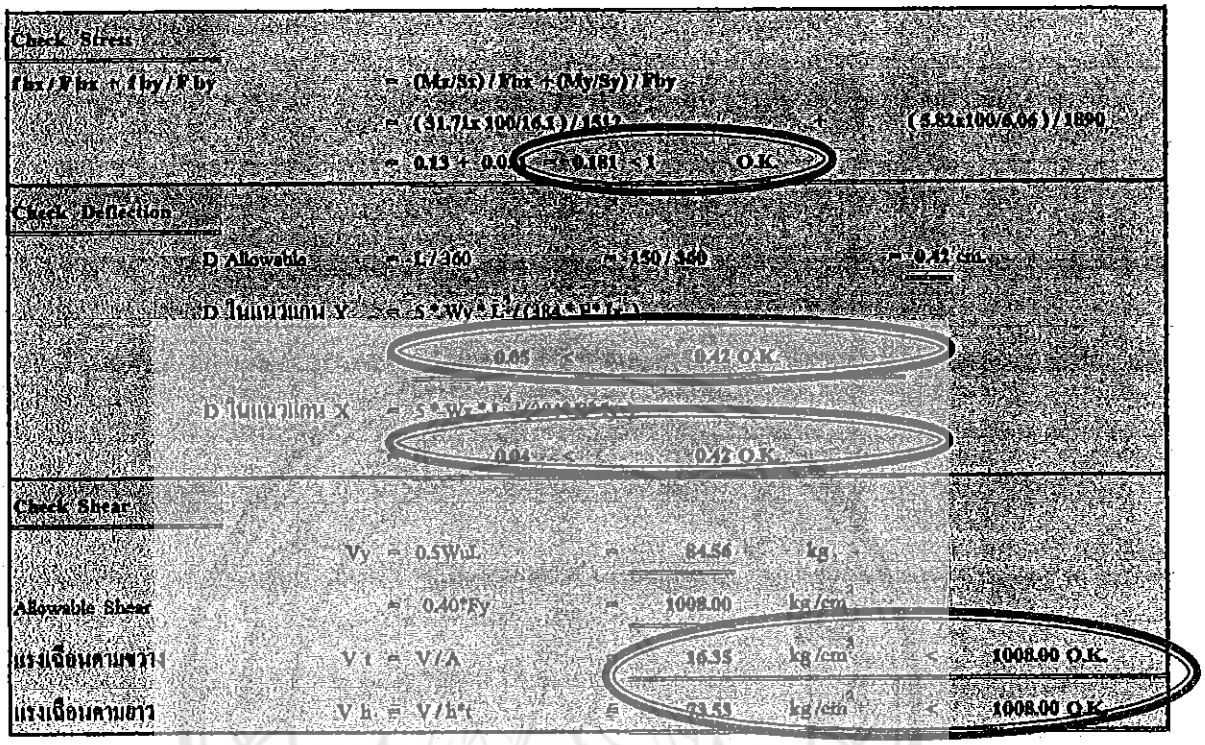
รูปที่ 4.2 แสดงการออกแบบ แป หรือ ระแนง ของ Work Sheet (การใส่ค่าแรงลมตามเทศบัญญัติ หาแรงในแนวแกนต่างๆ และใส่ค่า Fu , Fy , E)

3. การเลือกขนาดเหล็ก



รูปที่ 4.3 แสดงการออกแบบ แป หรือ ระแนง ของ Work Sheet (การเลือกขนาดเหล็ก)

4. การตรวจสอบค่าต่างและแสดงผลในการตรวจสอบ Stress , Deflection, Shear และแสดงผมการตรวจสอบว่าใช้งานได้หรือไม่



รูปที่ 4.4 แสดงการออกแบบ แป หรือ ระแนง ของ Work Sheet (การตรวจสอบค่า Stress , Deflection, Shear และแสดงผลในการตรวจสอบ ว่าใช้งานได้หรือไม่)

4.2 ตัวอย่างการใช้ Work sheet และการคำนวณด้วยมือ (จันทัน)

4.2.1 ตัวอย่างการคำนวณจันทัน

ระยะห่างของแป 0.33 m ระยะห่างของจันทัน 1.50 m ความยาวของจันทัน 4.00 m น้ำหนักจากแป 85.00 kg น้ำหนักแผ่ 258.00 kg/m น้ำหนักจันทัน 15 kg/m มุมหลังคา (θ) 13° Fu = 5000 ksc Fy = 2520 ksc E= 2040000 ksc

รวมน้ำหนักที่กระทำต่อจันทัน

Wu = Wu cos θ = 273.00 cos13

= 266.00 kg/m

โมเมนต์ที่กระทำกับอกไก่สูงสุด (M max) = (WL2)/8

= 533.00 kg-m

เลือกขนาดเหล็ก C 100 × 50 × 20 × 2.3

Ix = 80.70 cm^4, Iy = 19.00 cm^4, Sx = 16.10 cm^3 , Sy = 6.60 cm^3 , rx = 3.95 cm , ry= 1.92 cm ; A = 10.34 cm^2 ; w = 8.12 kg/cm , h= 5 cm

ตรวจสอบมอดูลัสในแนวแกน (Sreg) = (M max / 0.6 Fy) < Sx

= 533.00 × 100 / 0.6×2520 > 16.10 Check steel

ตรวจสอบโมเมนต์ (øMn) = 243.43 < 533.00 kg-m Check steel

ตรวจสอบ Stress หากำลังรับแรงดัดที่เกิดขึ้นจริง fb และหาหน่วยแรงดัดที่ยอมให้ Fb

Fb_{real} = 3310.56 ksc

Fb_{allow} = 1512.00 ksc

Fb_{real} > Fb_{allow} Check again

ตรวจสอบการโก่งเดาะ

การโก่งเดาะที่ยอมให้ ($D_{Allowable}$) = (L / 360)

= 1.11 cm

การโก่งเดาะที่เกิดขึ้น (D_{real}) = (5WL4 / (384EI)

= 5.39 cm

D_{real} > $D_{Allowable}$ ไม่ผ่าน

ตรวจสอบ Shear

Shear max = 0.5WuL = 532.01 kg

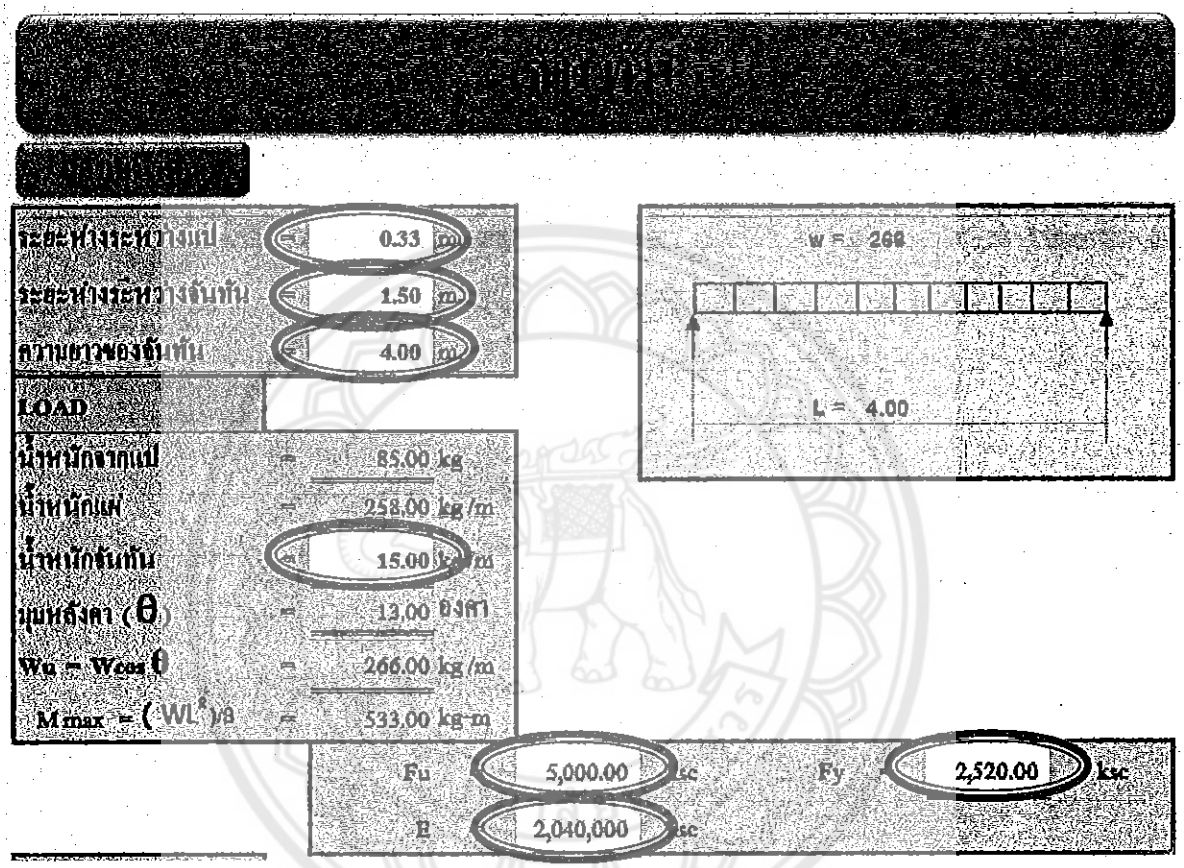
Allowable Shear = 0.40 × Fy = 1008.00 ksc

แรงเฉือนตามขวาง = V / A = 106.86 ksc < 1008.00 ksc ผ่าน

แรงเฉือนตามยาว = V / h × t = 462.61 ksc < 1008.00 ksc ผ่าน

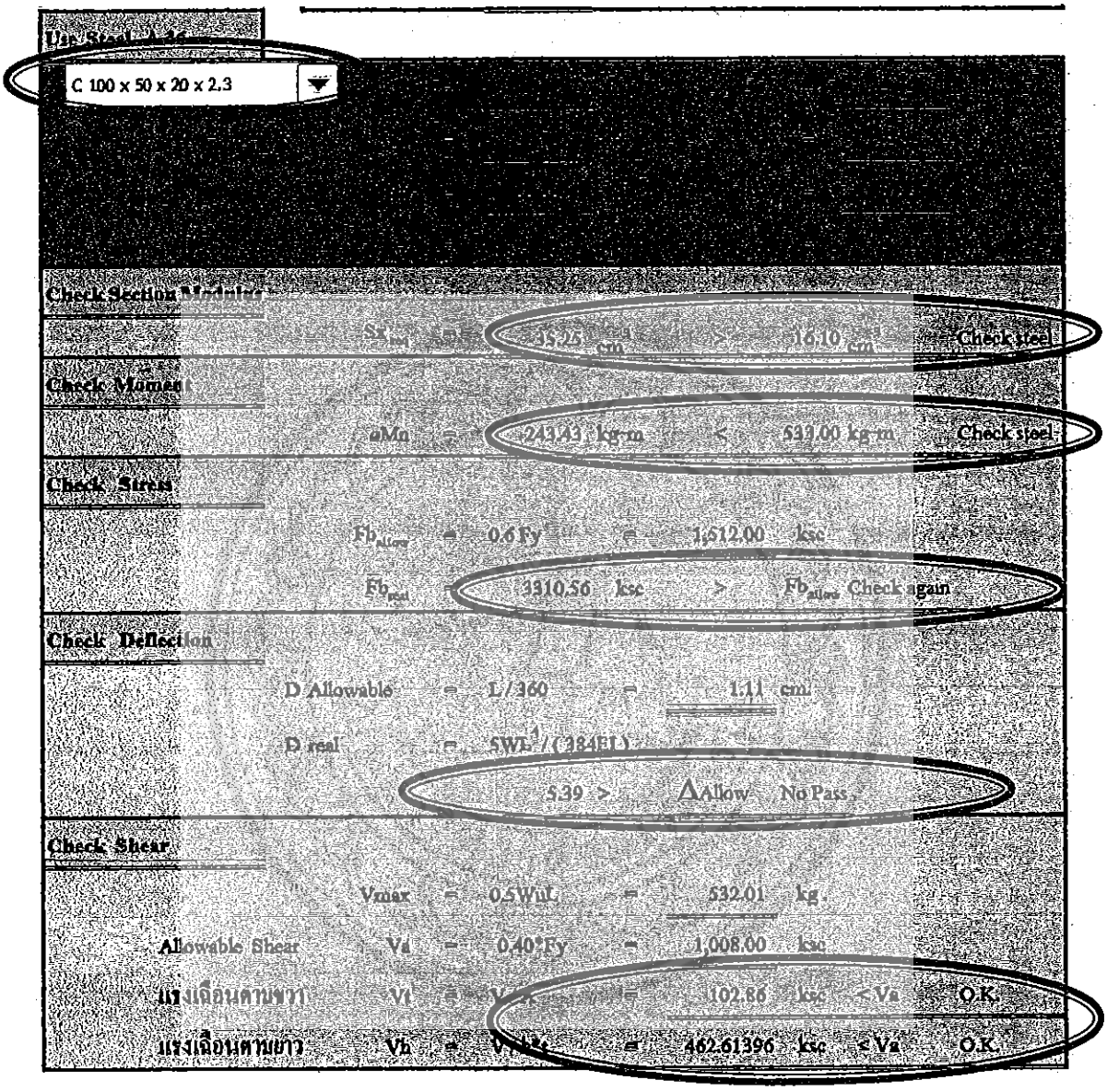
4.2.2 การคำนวณด้วย Work sheet

1. ใส่ค่าระยะระหว่างแป ค่าระยะห่างระหว่างจันทัน ความยาวจันทัน น้ำหนัก จันทัน และค่า Fu , Fy , E



รูปที่ 4.5 แสดงการออกแบบ จันทัน ของ Work Sheet (การใส่ค่าระยะ**ระหว่างแป ค่าระยะห่างระหว่างจันทัน ความยาวจันทัน น้ำหนัก จันทัน และค่า** Fu , Fy , E)

2. เลือกขนาดเหล็ก และโปรแกรมจำทำการตรวจสอบ Section Modulus , Moment , Stress , Deflection, Shear และแสดงผมการตรวจสอบว่าใช้งานได้หรือไม่



รูปที่ 4.6 แสดงการออกแบบ จันทัน Work Sheet (**เลือกขนาดเหล็กและการตรวจสอบค่าตรวจสอบ** Section Modulus , Moment , Stress , Deflection, Shear **และแสดงผลในการตรวจสอบว่าใช้งานได้หรือไม่**)

4.3 ตัวอย่างการใช้ Work sheet และการคำนวณด้วยมือ (ตะเข่สัน)

4.3.1 ตัวอย่างการคำนวณตะเข่สัน

ระยะห่างของจันทัน 1.00 m ความยาวของตะเข่สัน 6.10 m น้ำหนักจากจันทัน 532.00 kg น้ำหนักแผ่ 532.00 kg/m น้ำหนักตะเข่สัน 15 kg/m มุมหลังคา (θ) 13° Fu = 5000 ksc Fy = 2520 ksc E= 2040000 ksc

รวมน้ำหนักที่กระทำต่อจันทัน

Wu = Wu cos θ = 547.00 cos13

= 532.98 kg/m

โมเมนต์ที่กระทำกับอกไก่สูงสุด (M max) = (WL2)/8

= 2480.00 kg-m

เลือกขนาดเหล็ก C 100 × 50 × 20 × 2.3

Ix = 80.70 cm^4, Iy = 19.00 cm^4, Sx = 16.10 cm^3 , Sy = 6.60 cm^3 , rx = 3.95 cm , ry= 1.92 cm ; A = 10.34 cm^2 ; w = 8.12 kg/cm ; h= 5 cm

ตรวจสอบมอดูลัสในแนวแกน (Sreg) = (M max / 0.6 Fy) < Sx

= 2480.00 × 100 / 0.6×2520 > 16.10 Check steel

ตรวจสอบโมเมนต์ (øMn) = 267.78 < 2480.00 kg-m Check steel

ตรวจสอบ Stress หากำลังรับแรงดัดที่เกิดขึ้นจริง fb และหาหน่วยแรงดัดที่ยอมให้ Fb

Fb_{real} = 15403.73 ksc

Fb_{allow} = 1512.00 ksc

Fb_{real} > Fb_{allow} Check again

ตรวจสอบการโก่งเดาะ

การโก่งเดาะที่ยอมให้ ($D_{Allowable}$) = (L / 360)

= 1.69 cm

การโก่งเดาะที่เกิดขึ้น (D_{real}) = (5WL4 / (384EI)

= 0.58 cm

D_{real} < $D_{Allowable}$ ผ่าน

ตรวจสอบ Shear

Shear max = 0.5WuL = 1625.59 kg

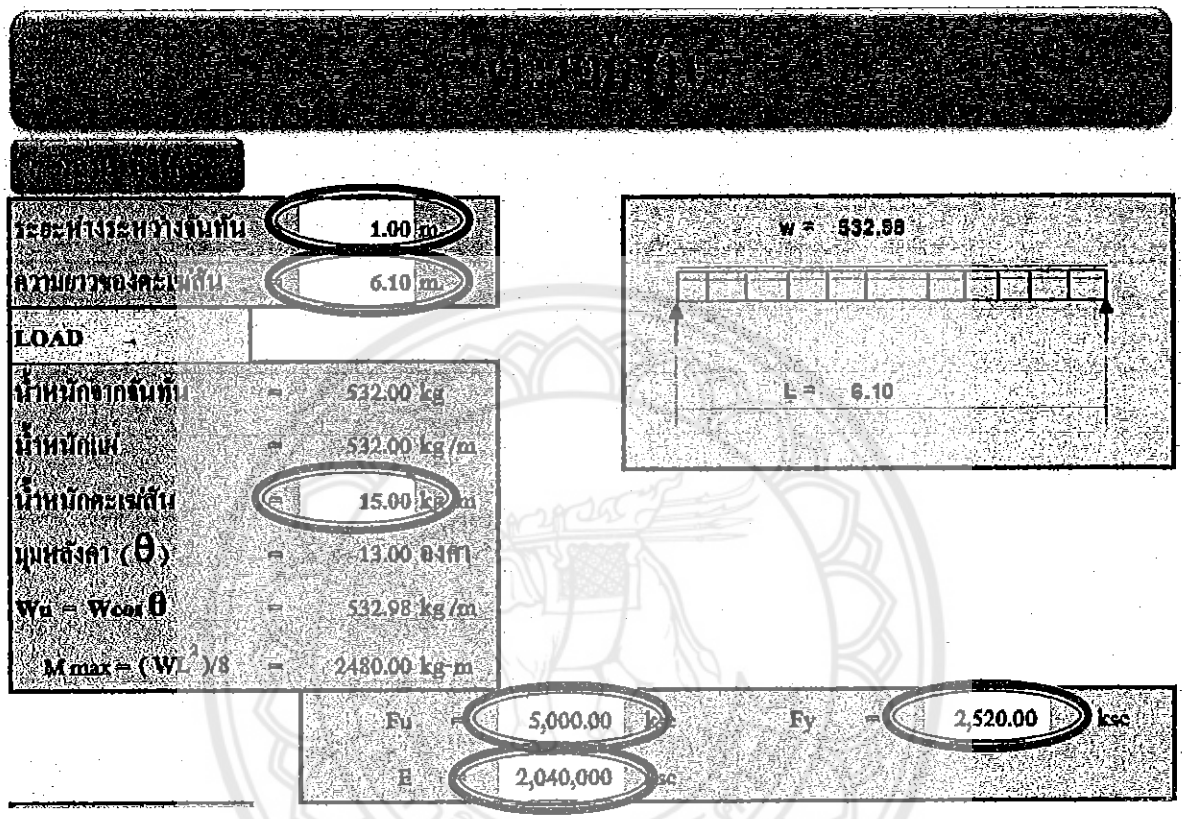
Allowable Shear = 0.40 × Fy = 1008.00 ksc

แรงเฉือนตามขวาง = V / A = 157.15 ksc < 1008.00 ksc ผ่าน

แรงเฉือนตามยาว = V / h × t = 1413.56 ksc > 1008.00 ksc ไม่ผ่าน

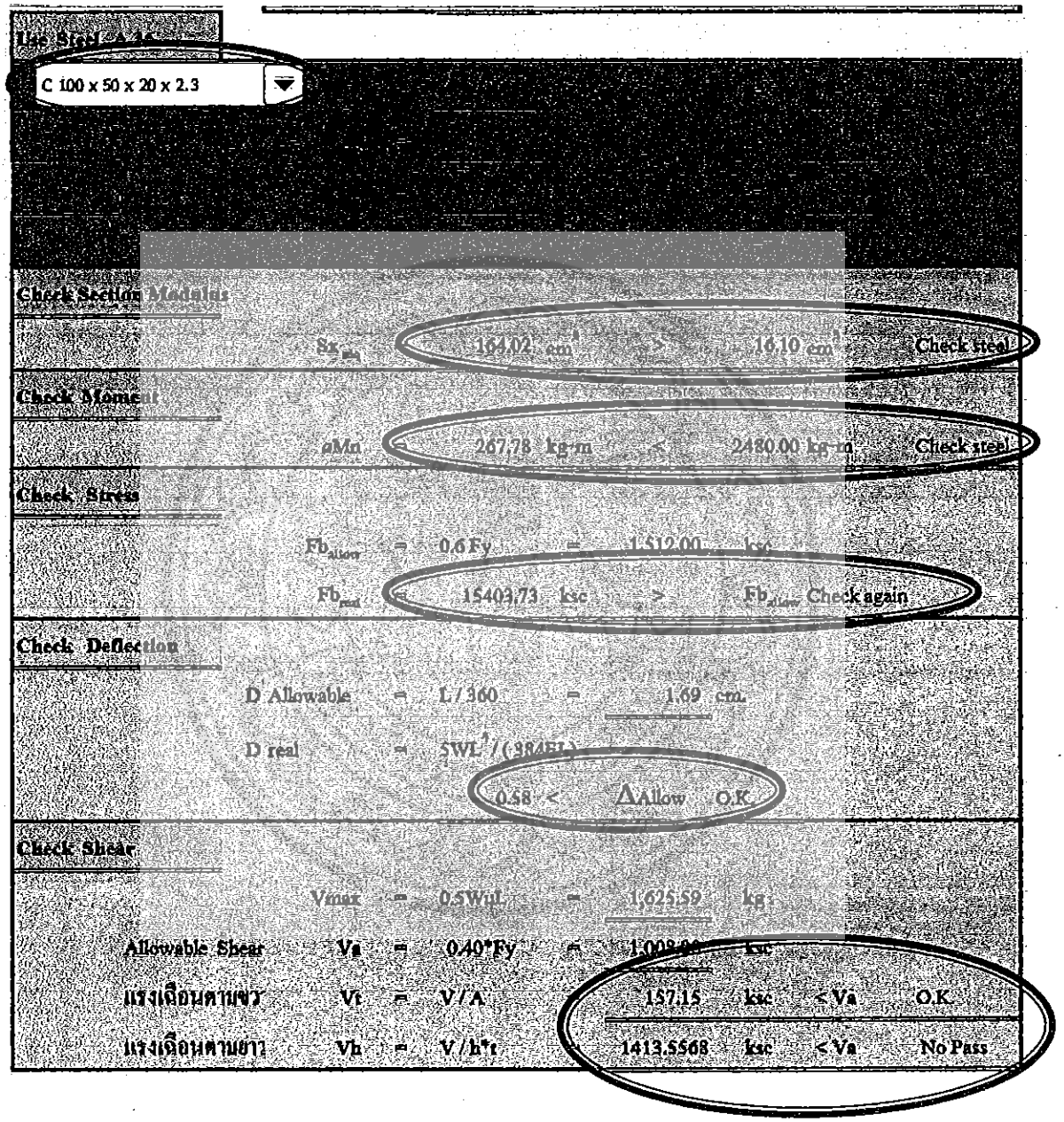
4.3.2 การคำนวณด้วย Work sheet

1. ใส่ค่าระยะระหว่างจันทัน ความยาวตะเฆ่สัน น้ำหนักตะเฆ่สัน Fu , Fy , E



รูปที่ 4.7 แสดงการออกแบบ ตะเฆ่สัน ของ Work Sheet (ค่าระยะห่างระหว่างจันทัน ความยาวความยาวตะเฆ่สัน น้ำหนักตะเฆ่สัน และค่า Fu , Fy , E)

2. เลือกขนาดเหล็ก และโปรแกรมจำทำการตรวจสอบ Section Modulus , Moment , Stress , Deflection, Shear และแสดงผมการตรวจสอบว่าใช้งานได้หรือไม่



รูปที่ 4.8 แสดงการออกแบบ ตะเฆ่สัน Work Sheet (เลือกขนาดเหล็กและการตรวจสอบค่าตรวจสอบ Section Modulus , Moment , Stress , Deflection, Shear และแสดงผลในการตรวจสอบว่าใช้งานได้หรือไม่)

4.4 ตัวอย่างการใช้ Work sheet และการคำนวณด้วยมือ (อกไก่ ขื่อ อะเส)

4.4.1 ตัวอย่างการคำนวณ อกไก่ ขื่อ อะเส

ระยะห่างของจันทัน 1.00 m ความยาวของอกไก่ 4.00 m น้ำหนักจากจันทัน 1064.00 kg น้ำหนักแผ่ 709.00 kg/m น้ำหนักอกไก่ 15 kg/m Fu = 5000 ksc Fy = 2520 ksc E= 2040000 ksc

รวมน้ำหนักที่กระทำต่อ อกไก่ = 709.00 + 15 = 724.00 kg/m

โมเมนต์ที่กระทำกับอกไก่สูงสุด (M max) = (WL2)/8

= 1047.00 kg-m

เลือกขนาดเหล็ก C 100 × 50 × 20 × 2.3

Ix = 80.70 cm^4, Iy = 19.00 cm^4, Sx = 16.10 cm^3 , Sy = 6.60 cm^3 , rx = 3.95 cm , ry= 1.92 cm , A = 10.34 cm^2 , w = 8.12 kg/cm , h= 5 cm

ตรวจสอบมอดูลัสในแนวแกน (Sreg) = (M max / 0.6 Fy) < Sx

= 1047.00 × 100 / 0.6×2520 > 16.10 Check steel

ตรวจสอบโมเมนต์ (øMn) = 486.86 < 1047.00 kg-m Check steel

ตรวจสอบ Stress หากำลังรับแรงดัดที่เกิดขึ้นจริง fb และหาหน่วยแรงดัดที่ยอมให้ Fb

Fb_{real} = 3251.55.00 ksc

Fb_{allow} = 1512.00 ksc

Fb_{real} > Fb_{allow} Check again

ตรวจสอบการโก่งเดาะ

การโก่งเดาะที่ยอมให้ ($D_{Allowable}$) = (L / 360)

= 0.94 cm

การโก่งเดาะที่เกิดขึ้น (D_{real}) = (5WL4 / (384EI)

= 3.83 cm

D_{real} ≥ $D_{Allowable}$ ไม่ผ่าน

ตรวจสอบ Shear

Shear max = 0.5WuL

= 1230.80 kg

Allowable Shear = 0.40 × Fy

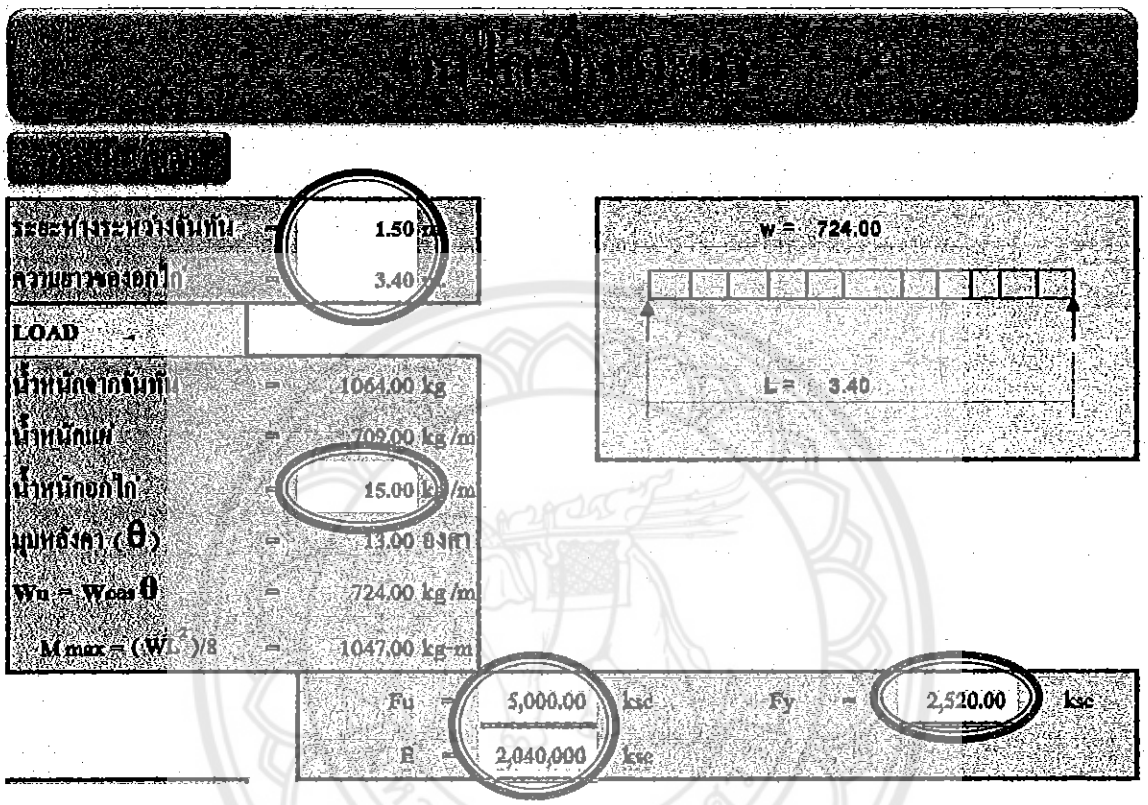
= 1008.00 ksc

แรงเฉือนตามขวาง = V / A = 118.99 ksc < 1008.00 ksc ผ่าน

แรงเฉือนตามยาว = V / h × t = 1070.26 ksc > 1008.00 ksc ไม่ผ่าน

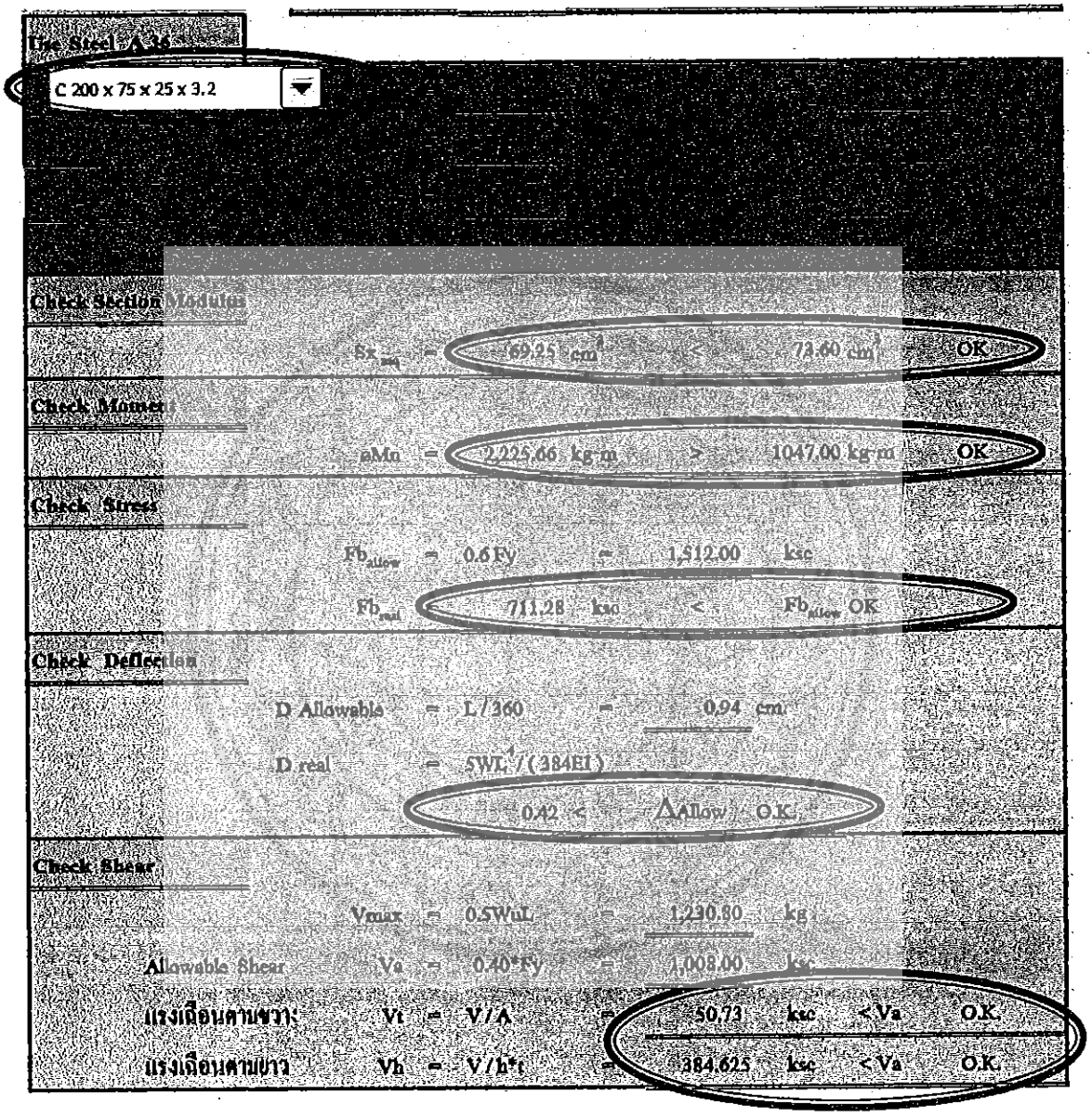
4.4.2 การคำนวณด้วย Work sheet

1. ใส่ค่าระยะระหว่างจันทัน ความยาวอกไก่ น้ำหนักอกไก่ Fu , Fy , E



รูปที่ 4.9 แสดงการออกแบบ อกไก่ ขื่อ อะเส ของ Work Sheet (ค่าระยะห่างระหว่างจันทัน ความยาวความยาวอกไก่ น้ำหนักอกไก่ และค่า Fu , Fy , E)

2. เลือกขนาดเหล็ก และโปรแกรมจำทำการตรวจสอบ Section Modulus , Moment , Stress , Deflection, Shear และแสดงผมการตรวจสอบว่าใช้งานได้หรือไม่



รูปที่ 4.10 แสดงการออกแบบ อกไก่ ขื่อ อะเส Work Sheet (เลือกขนาดเหล็กและการตรวจสอบค่าตรวจสอบ Section Modulus , Moment , Stress , Deflection, Shear และแสดงผลในการตรวจสอบว่าใช้งานได้หรือไม่)

4.5 ตัวอย่างการใช้ Work sheet และการคำนวณด้วยมือ (ตั้ง)

4.5.1 ตัวอย่างการคำนวณ ตั้ง

น้ำหนัก ที่กระทำ 1231 kg Fu = 5000 ksc Fy = 2520 ksc E= 2040000 ksc

น้ำหนักตั้ง 15 kg ตั้งสูง 1.7 m = 15 × 1.7 = 25.5 kg

รวมแรงทั้งหมดที่กระทำต่อตั้ง (Pu) = 1256.5 kg

หาหน่วยแรงอัดที่ยอมให้ Fa

สมมุติให้ Fa = 30% ของ Fy

= (30 ÷ 100) × 2520 = 756 ksc

Areq = P ÷ Fa = (1256.5 ÷ 756) = 1.66 cm^2

ตารางที่ 4.1 แสดงค่า K ของเสา

ตีนเสา	หัวเสา	Case	Case	K
Fix	Fix	1	ไม่มีการหมุนที่ปลายเสาและไม่มีการเคลื่อนที่	0.65
Fix	Hinge	2	มีการหมุนที่ปลายเสาแต่ไม่มีการเคลื่อนที่	0.8
Fix	Fix	3	ไม่มีการหมุนที่ปลายเสาแต่มีการเคลื่อนที่	1.2
Hinge	Hinge	4	มีการหมุนที่ปลายเสาแต่ไม่มีการเคลื่อนที่	1
Fix	Free	5	มีการหมุนที่ปลายเสาและมีการเคลื่อนที่	2.1
Hinge	Fix	6	ไม่มีการหมุนที่ปลายเสาแต่มีการเคลื่อนที่	2

เลือก กรณีของตั้งที่รับแรง

เลือกกรณีที่ 4 ค่า K = 1

เลือกขนาดเหล็ก C 100 × 50 × 20 × 2.3

Ix = 80.70 cm^4, Iy = 19.00 cm^4, Sx = 16.10 cm^3 , Sy = 6.60 cm^3 , rx = 3.95 cm , ry= 1.92 cm ; A = 10.34 cm^2 ; w = 8.12 kg/cm ; h= 5 cm

$Cc = [2\pi^2 E/Fy]^{0.5}$

$= [2\pi^2 \times 2040000 \div 2520]^{0.5}$

= 126.41

KL/r = (1.7 × 100) ÷ 3.95

= 43.038 KL/r < Cc ตั้งโก่งเดาะในช่วงอินอิลาสติก

หาหน่วยแรงอัดจาก

$$F_a = \frac{\left[1 - \frac{(KL/r)^2}{2C_c^2}\right]F_y}{\frac{5}{3} + \frac{3(KL/r)}{8C_c} - \frac{(KL/r)^3}{8C_c^3}}$$

แทนค่าได้ Fa = 1326.6655 ksc.

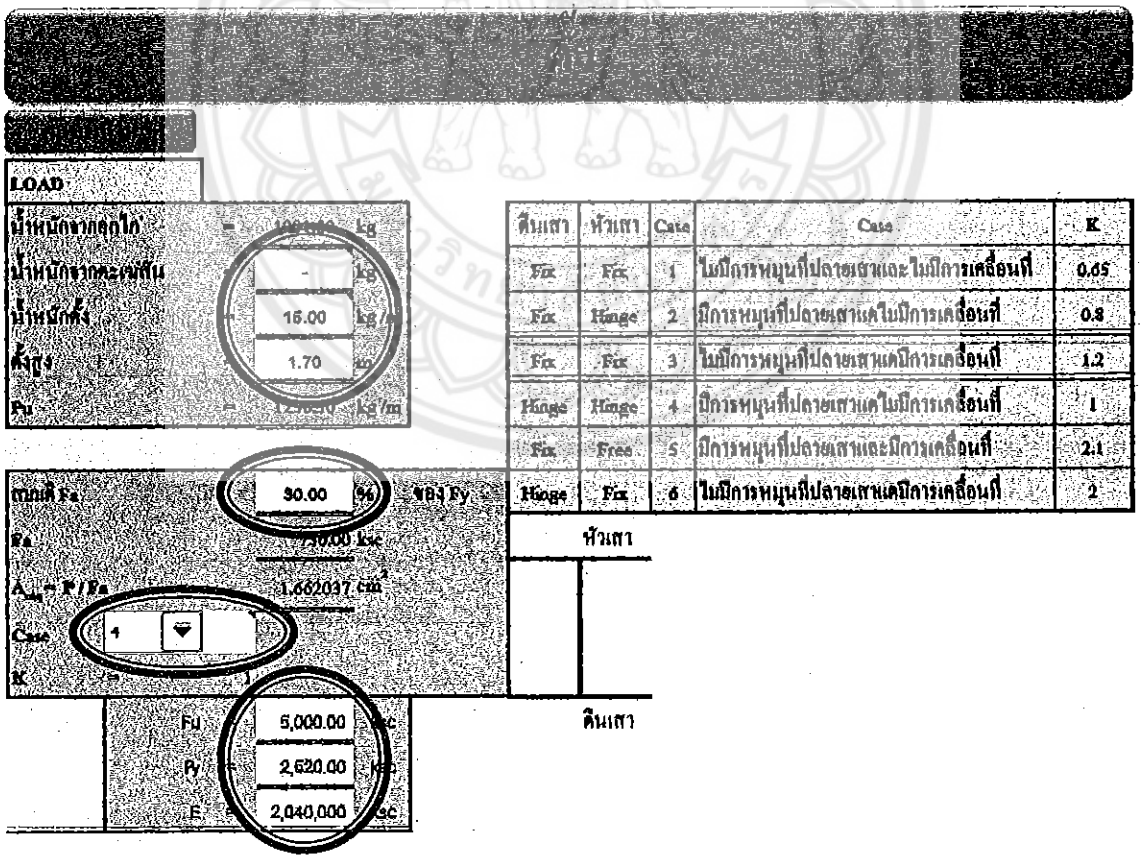
กำลังอัดใช้งาน P = Fa x A = 1554.8 x 110.8 = 13723.028 kg.

กำลังอัดใช้งาน > กำลังที่ตั้งต้องรับ ------ OK.

ดังนั้นเหล็ก C 100 × 50 × 20 × 2.3 สามารถนำไปใช้งานจริงได้

4.5.2 การคำนวณด้วย Work sheet

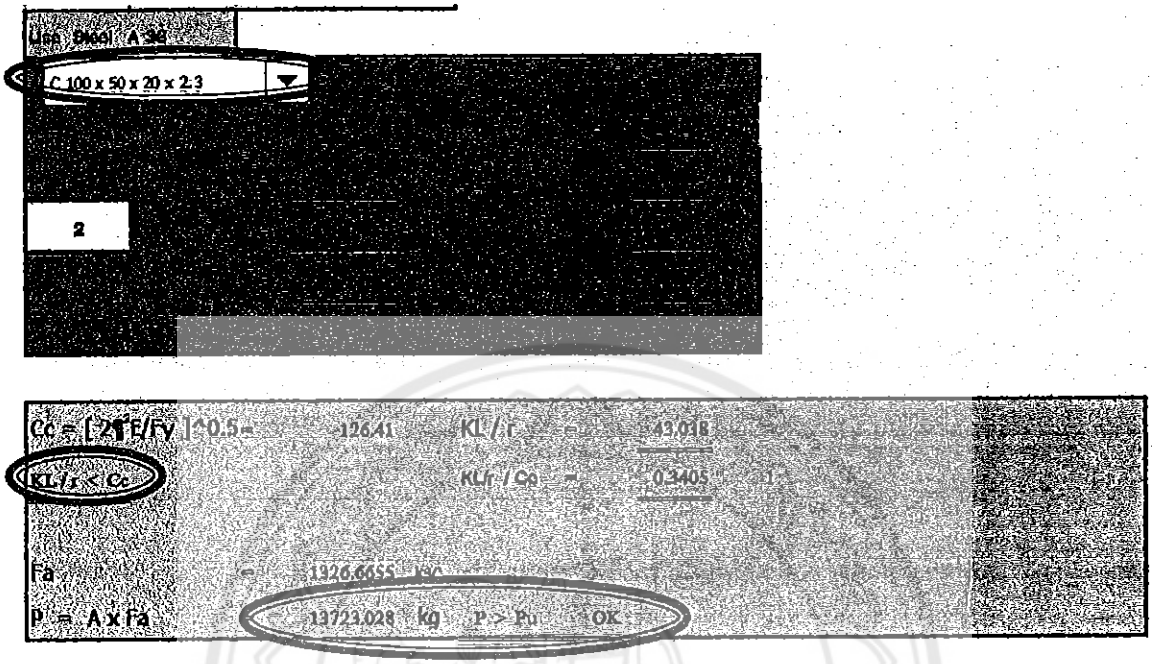
1. ใส่น้ำหนักตะเข่สัน น้ำหนักดั้ง ความสูงดั้ง ใส่ค่า % Fa ของ Fy เลือกกรณีของดั้ง Fu , Fy , E



ดินเสา	หัวเสา	Case	Case	K
Fix	Fix	1	ไม่มีการหมุนที่ปลายเสาและไม่มีการเคลื่อนที่	0.65
Fix	Hinge	2	มีการหมุนที่ปลายเสาแต่ไม่มีการเคลื่อนที่	0.8
Fix	Fix	3	ไม่มีการหมุนที่ปลายเสาแต่มีการเคลื่อนที่	1.2
Hinge	Hinge	4	มีการหมุนที่ปลายเสาแต่ไม่มีการเคลื่อนที่	1
Fix	Free	5	มีการหมุนที่ปลายเสาและมีการเคลื่อนที่	2.1
Hinge	Fix	6	ไม่มีการหมุนที่ปลายเสาแต่มีการเคลื่อนที่	2

รูปที่ 4.11 แสดงการออกแบบ ดั้ง ของ Work Sheet (ค่าระยะห่างระหว่างอกไก่ น้ำหนักตะเข่สัน น้ำหนักดั้ง และค่า Fu , Fy , E)

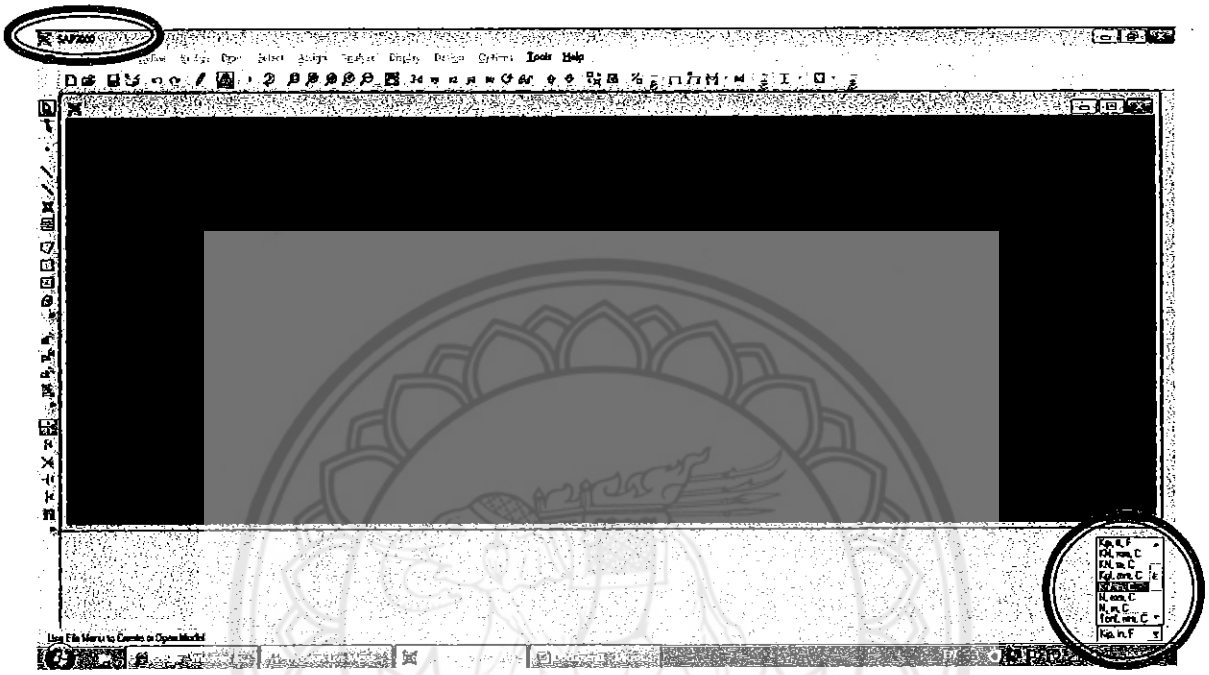
2. เลือกขนาดเหล็กและตรวจสอบการโก่งเดาะและกำลังอัดว่าใช้งานได้หรือไม่



รูปที่ 4.12 แสดงการออกแบบ ตั้ง ของ Work Sheet (เลือกขนาดเหล็กและตรวจสอบการโก่งเดาะและกำลังอัดว่าใช้งานได้หรือไม่)

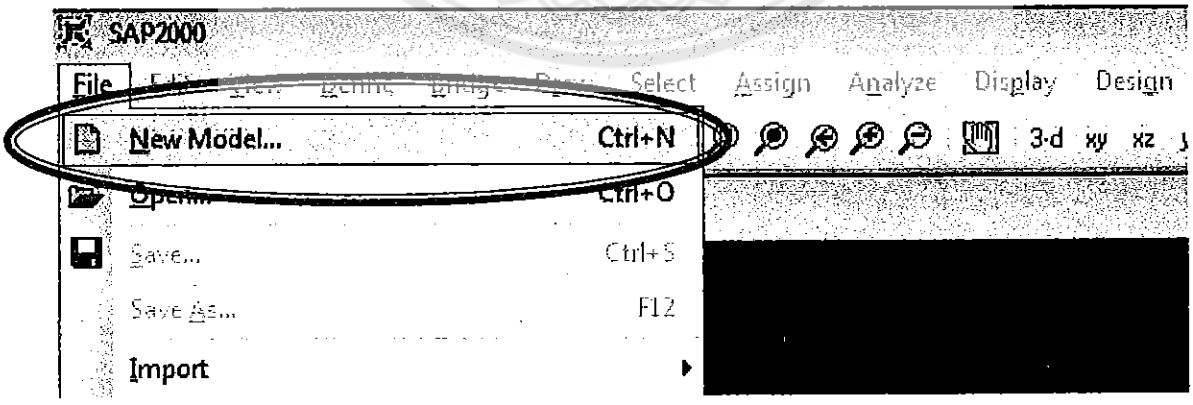
4.6 ตัวอย่างการสร้างโครงสร้างหลังคาเหล็กหน้าตัดไม่สม่ำเสมอโดยใช้ SAP 2000

1. ทำการเปิดโปรแกรมSAP 2000 ขึ้นมาเลือกเปลี่ยนหน่วย ตรงด้านล่างฝั่งขวามือของหน้าจอ เลือกหน่วยเป็น Kgf,m,C



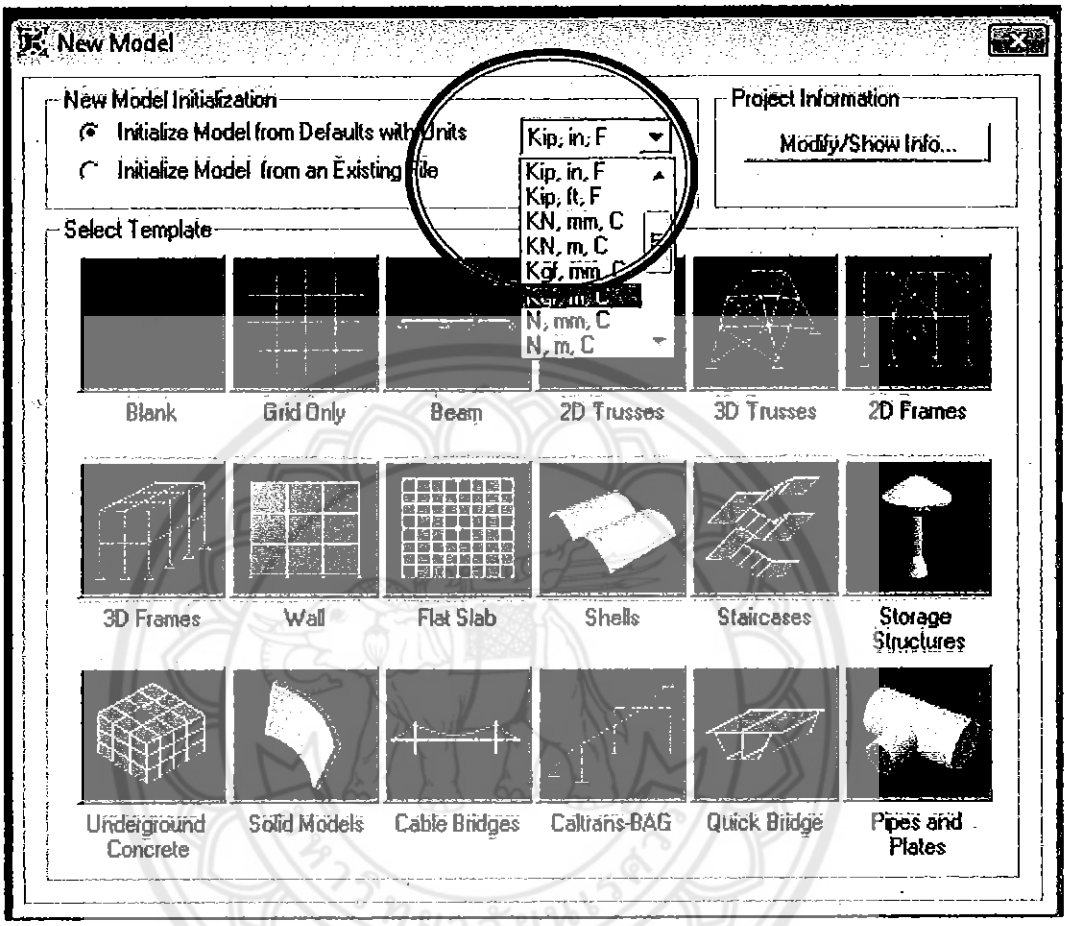
รูปที่ 4.13 แสดงหน้าจอโปรแกรม SAP 2000

2. คลิก File เลือก New Model



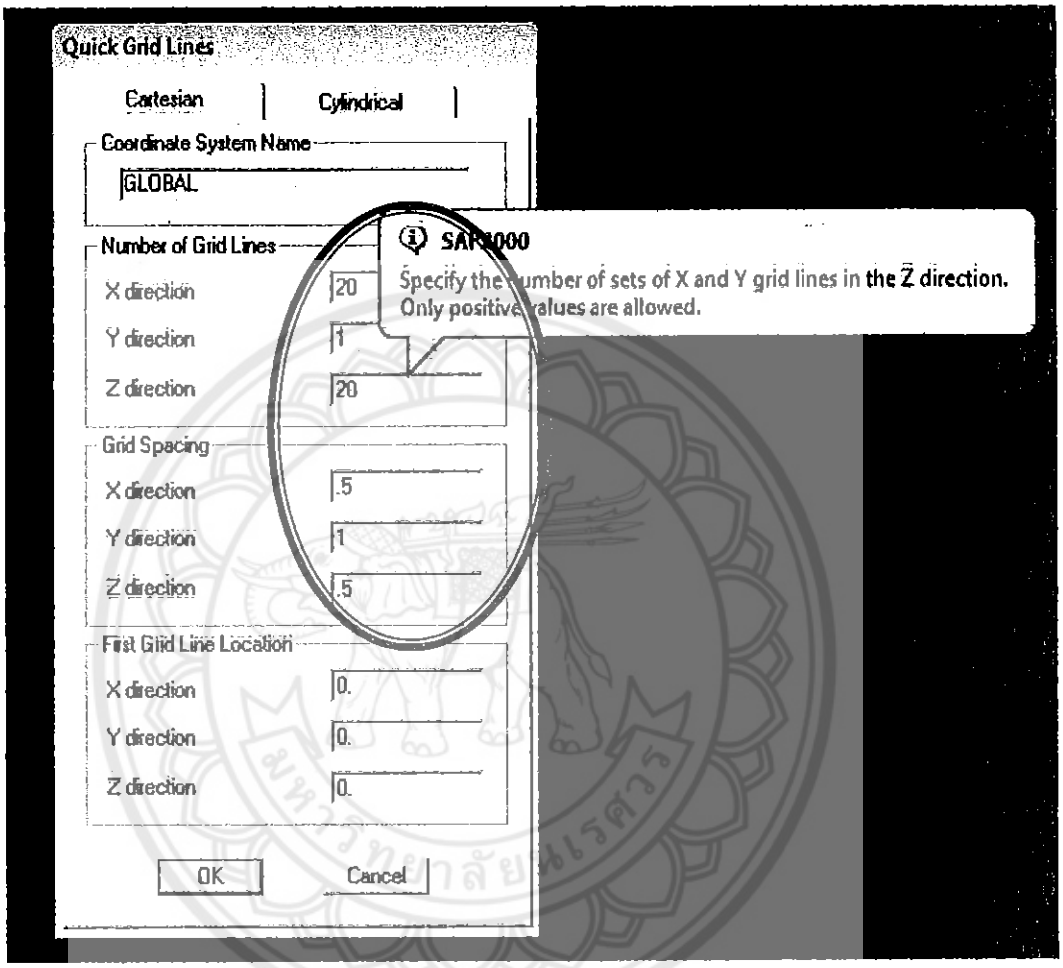
รูปที่ 4.14 แสดงการสร้าง New Model

3. เมื่อปรากฏหน้าต่าง New Model ขึ้นมาให้เปลี่ยนหน่วย Kgf,m,C แล้วเลือก Grid Only เพื่อสร้าง Grid Line และ Grid Spacing



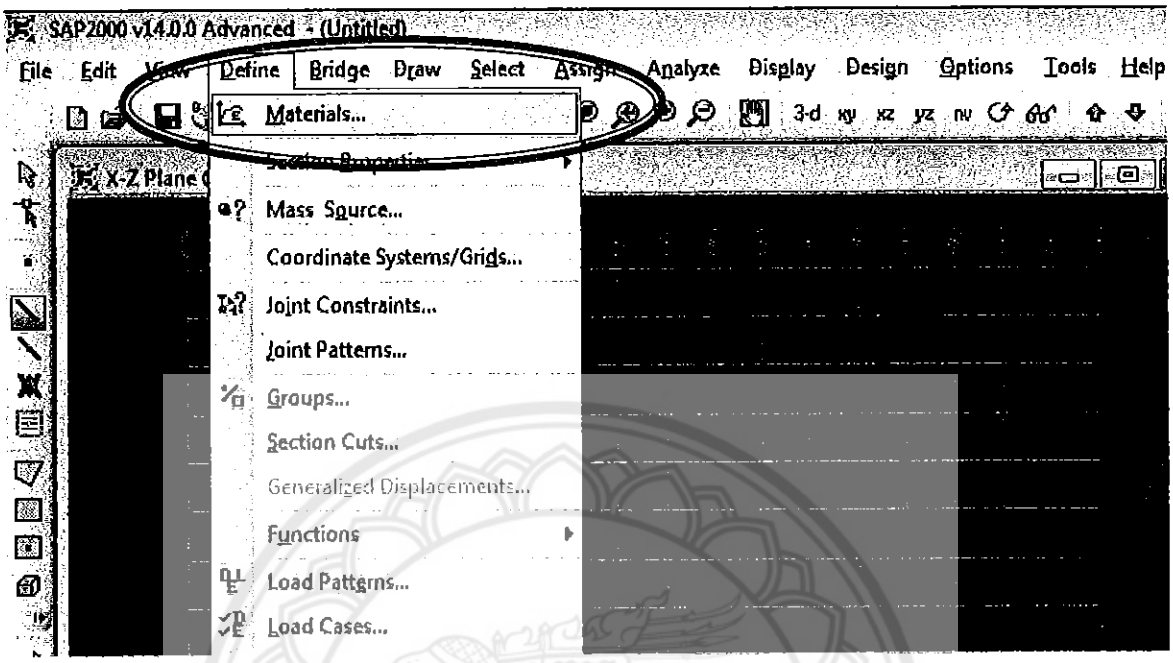
รูปที่ 4.15 แสดงหน้าต่าง New Model (การเลือกสร้าง Grid Only)

4. แล้วทำการเลือกกำหนดค่าต่างๆ Nember of Grid Line คือ จำนวนกริดในแกนต่างๆ (X,Y,Z) direction Grid Spacing คือ ระยะห่างระหว่างกริดในแกน (X,Y,Z)



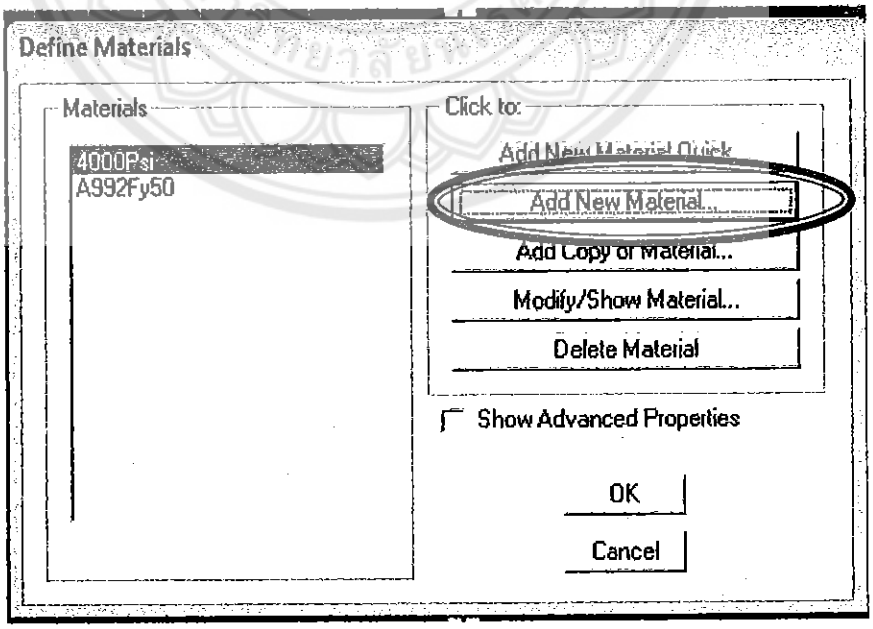
รูปที่ 4.16 แสดงหน้า Quick Grid Line (การตั้งค่า Grid Line)

5. ทำการเลือกวัสดุที่จะใช้ เลือกคำสั่ง Define แล้วกด Material



รูปที่ 4.17 แสดงการเลือกคำสั่งสร้างวัสดุ

6. กดที่ Add New Material แล้ว กด OK



รูปที่ 4.18 แสดงหน้าต่างเลือกสร้างวัสดุ

7. ใส่ชื่อวัสดุ ในช่อง Material Name and Display Color เป็น Fe 24

   ช่อง Material Type เลือก Steel

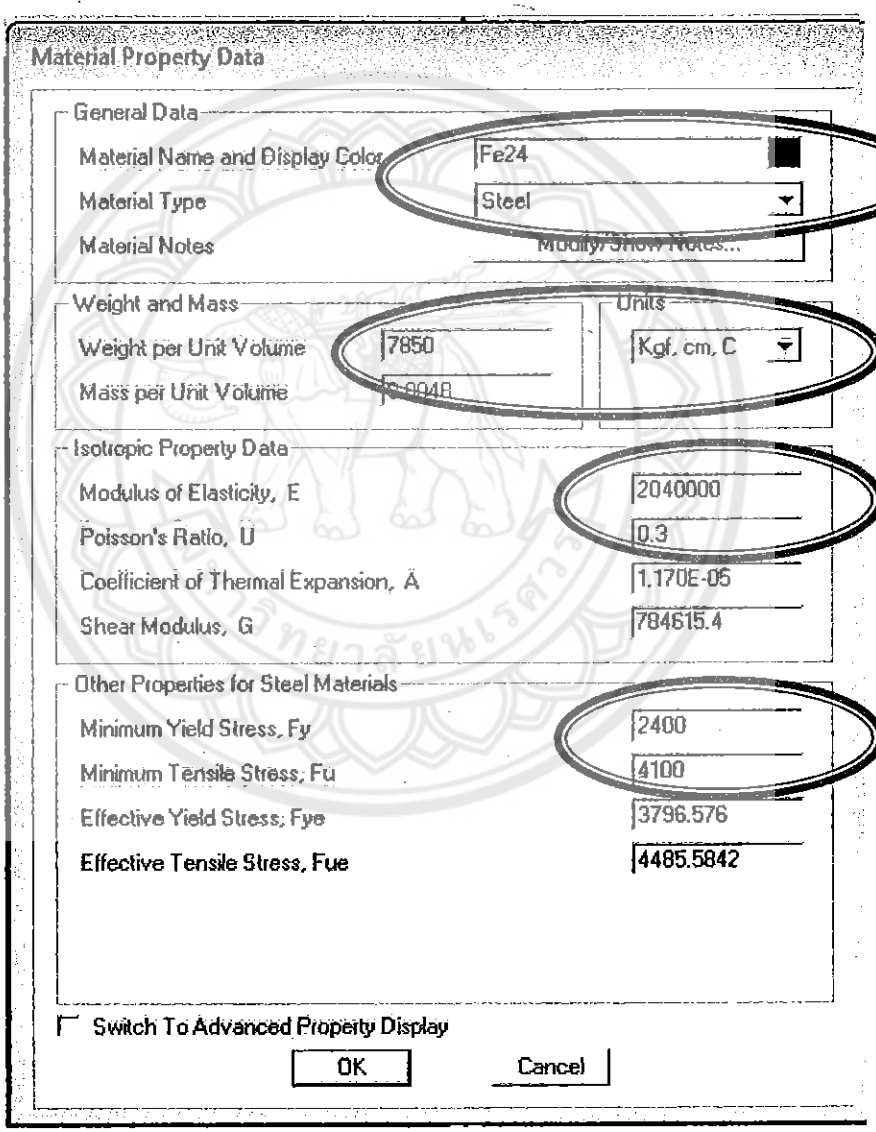
   ช่อง Weight per Unit Volume ใส่ค่า 7850

   ช่อง Unit เลือกหน่วยเป็น Kgf,cm,C

   ช่อง Modulus of Elasticity,E ใส่ค่า 2040000

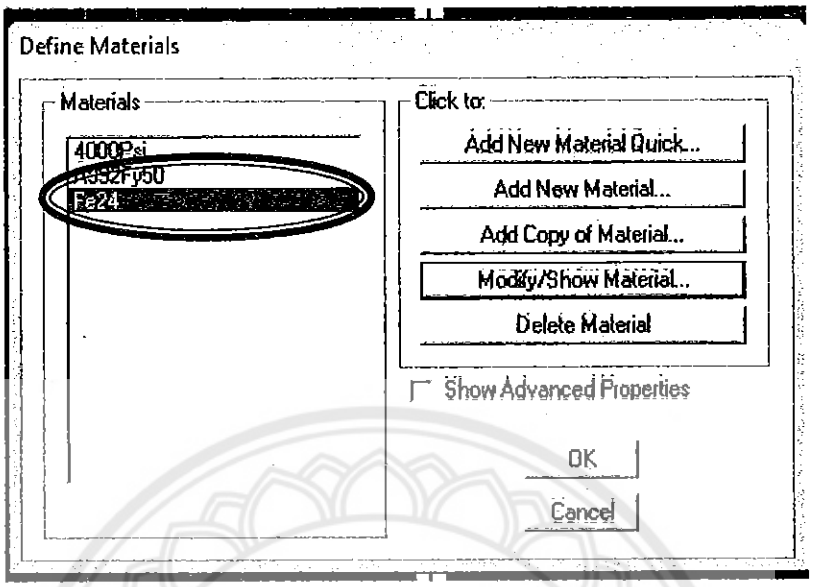
   ช่อง Minimun Yield Stress, Fy ใส่ค่า 2400

   ช่อง Minimun Tensile Stress, Fu ใส่ค่า 4100



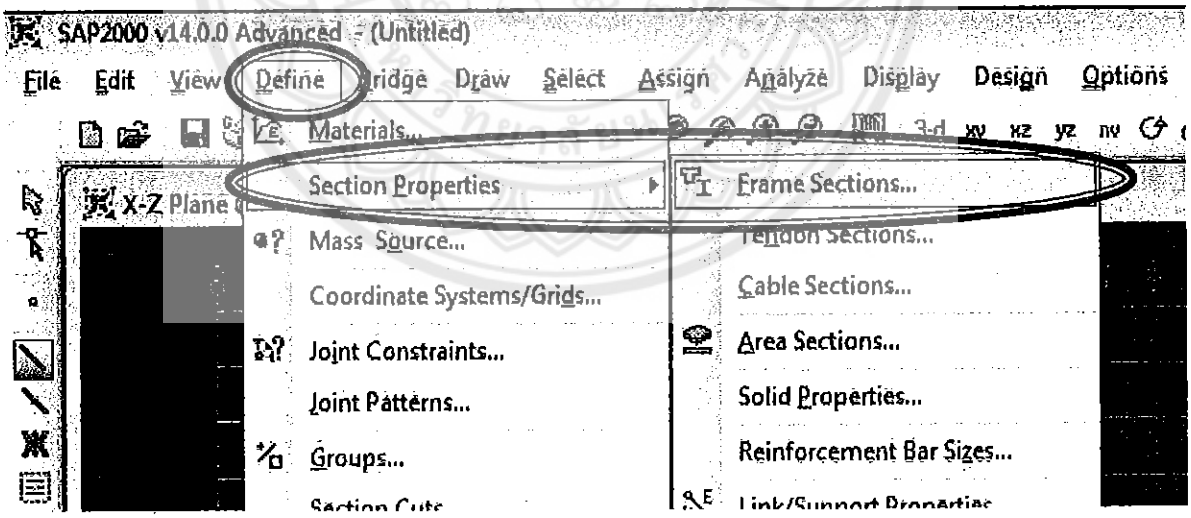
รูปที่ 4.19 แสดงหน้าต่างตั้งชื่อและใส่ค่าต่าง ๆของวัสดุ

8. เลือกเหล็กที่สร้างขึ้นมา เลือก Fe24 แล้วกด OK



รูปที่ 4.20 แสดงหน้าต่างเลือกเหล็กที่จะใช้

9. เลือกคำสั่ง Define เลือก Section Properties เลือก Frame Section



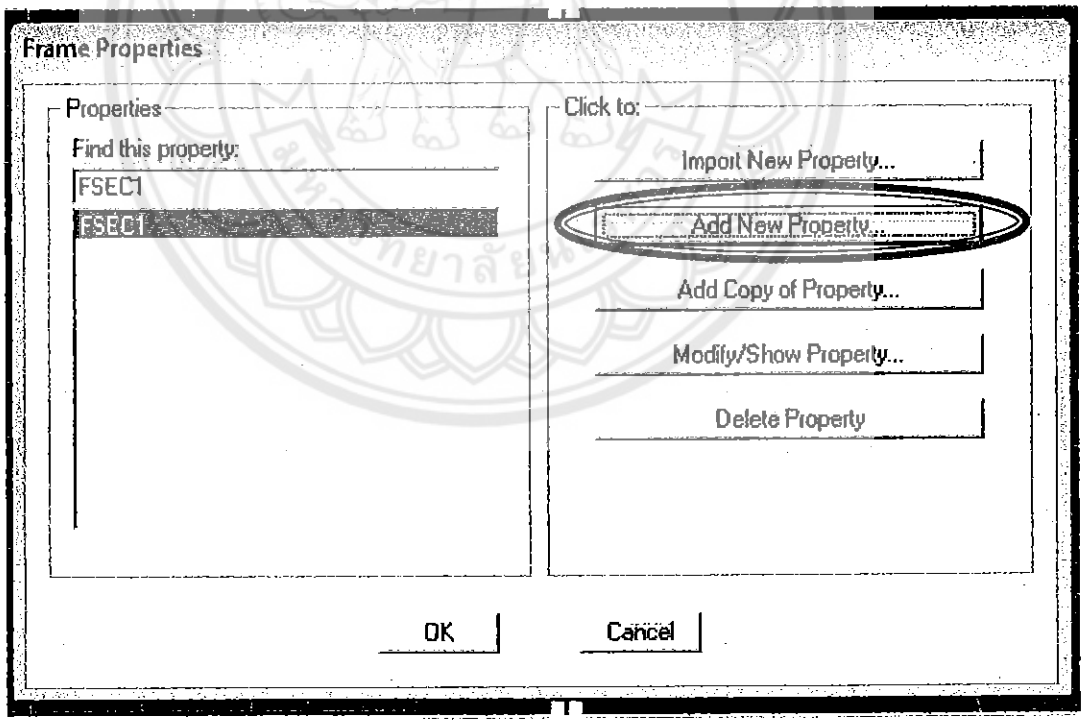
รูปที่ 4.21 แสดงการเลือกสร้างหน้าตัด Frame Section

ตารางที่ 4.2 แสดงขนาดของหน้าตัด A,B,C,D

BUILD UP SECTION

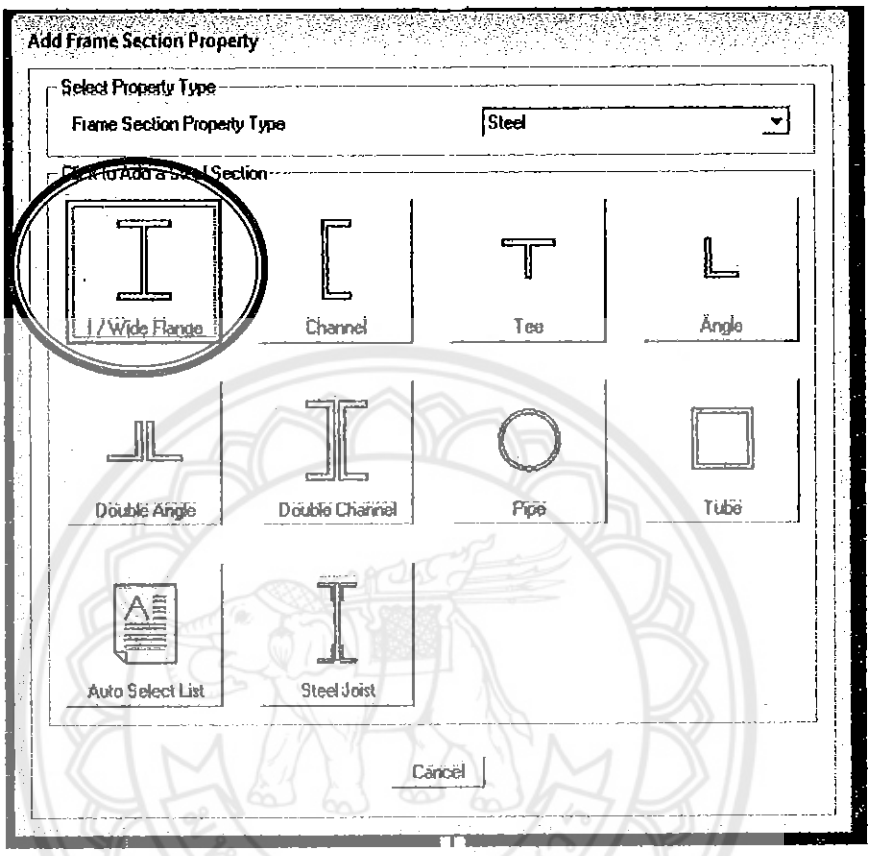
SECTION	A	B	t1	t2
A	0.70	0.20	0.012	0.012
B	0.40	0.20	0.012	0.012
C	0.55	0.20	0.012	0.012
D	0.30	0.20	0.012	0.012

10. เลือก Add New Property เพื่อทำการสร้าง Section A (ดูค่าจากตารางที่ 4.2)



รูปที่ 4.22 แสดงหน้าต่างเลือกสร้าง หน้าตัดเหล็ก Section A

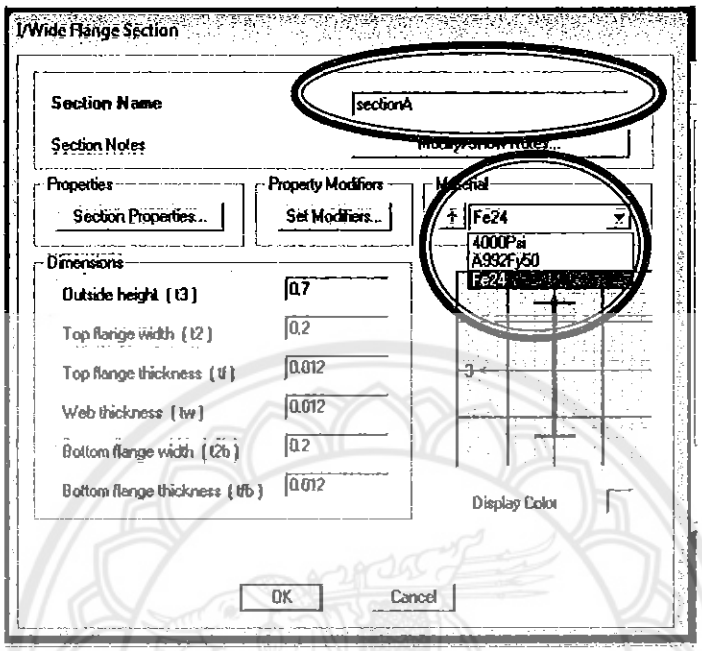
11. ช่อง Frame Section Property Type เลือก Steelเลือก ที่รูป I / Wide Flange



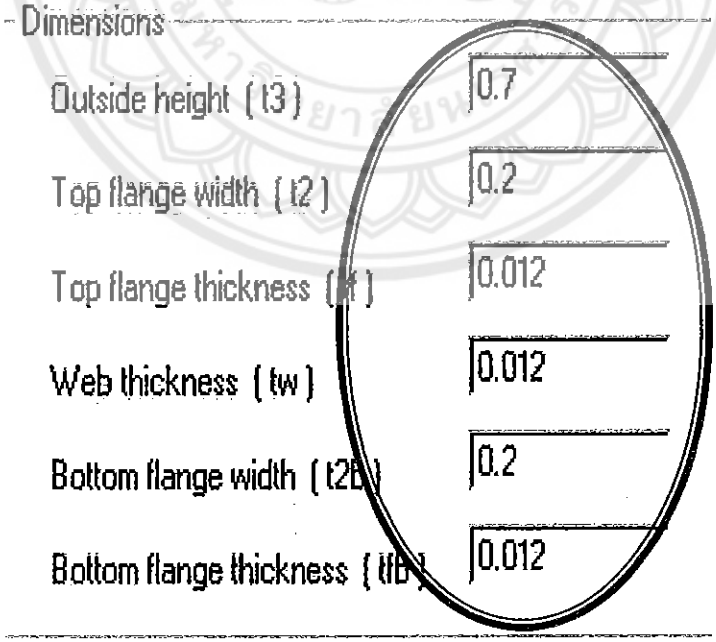
รูปที่ 4.23 แสดงหน้า Add Frame section property (การเลือกลักษณะของ Section A)

12. ใส่ชื่อหน้าตัด ในช่อง Section Name ใส่ชื่อ Section A

เลือกวัสดุ ในช่อง Materlal เลือก Fe24 ใส่ค่า Dimension

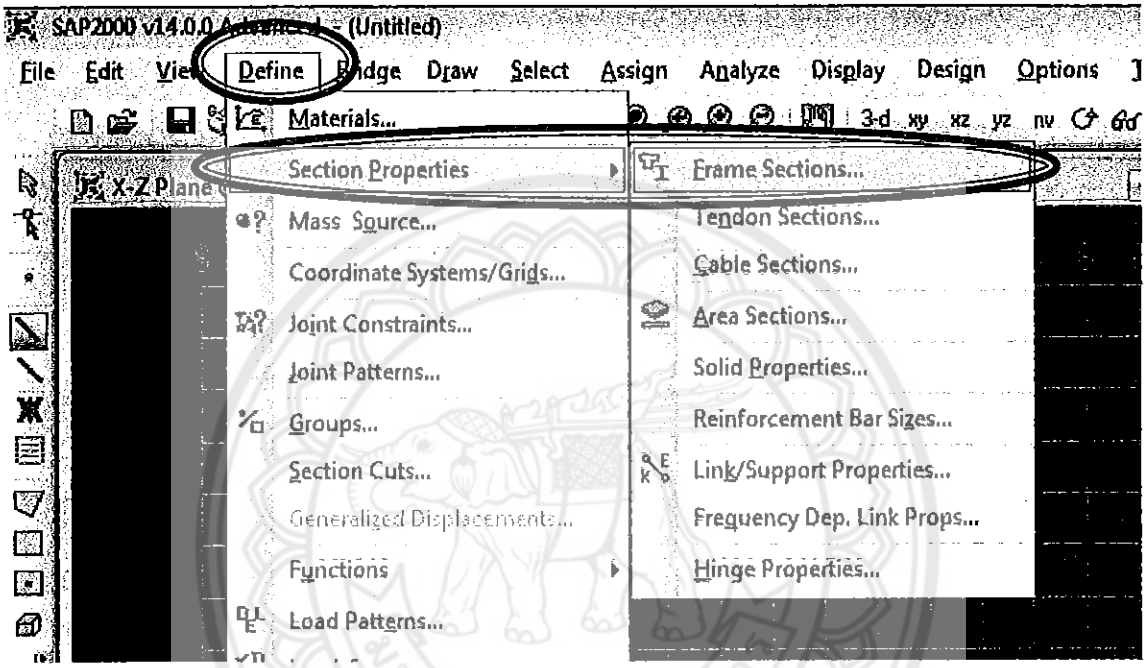


รูปที่ 4.24 แสดงหน้าต่างการใส่ค่าหน้าตัดเหล็กและใส่ขนาด ของ Section A



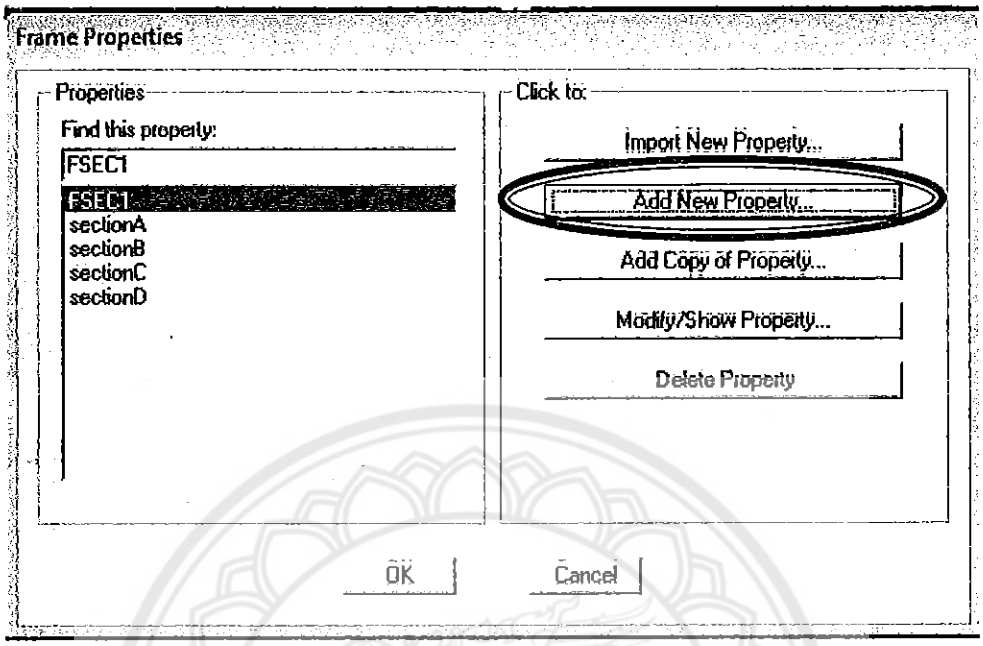
รูปที่ 4.25 แสดงหน้าต่างการใส่ Dimension **ของ** Section A

13. ทำการใส่ค่าหน้าตัดเหล็กจากตารางที่ 4.2 ของ Section B , C , D ตามขั้นตอนที่ 10 – 12
14. หลังจากทำการสร้างหน้าตัดเหล็กที่ต้องการเสร็จสิ้นแล้วก็จะเริ่มทำการสร้างแบบ Section Nonprismatic เลือกคำสั่ง Define เลือก Section Properties เลือก Frame Section



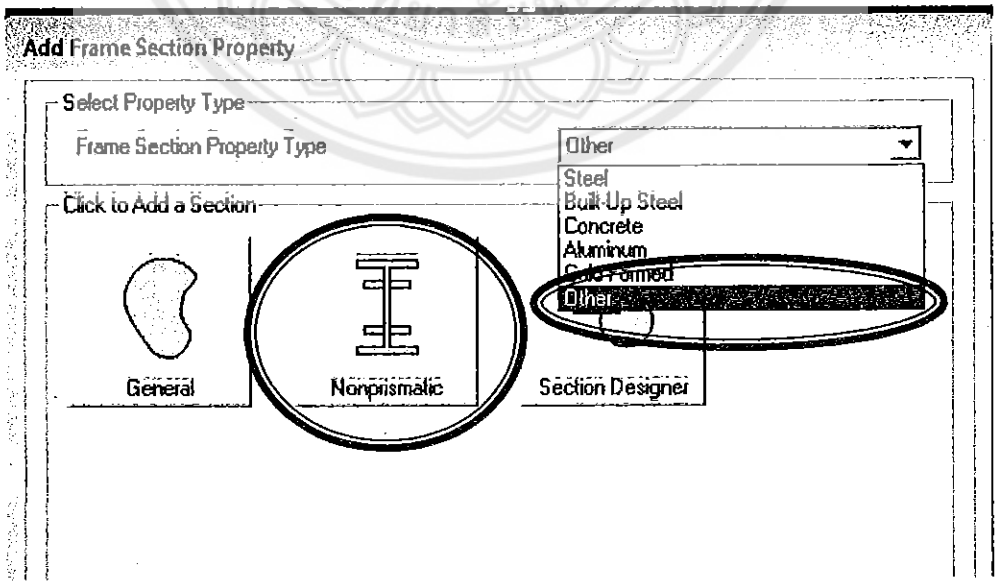
รูปที่ 4.26 แสดงการเลือกสร้างหน้าตัด Frame Section

15. เลือก Add New Property เพื่อทำการสร้าง Section A-B



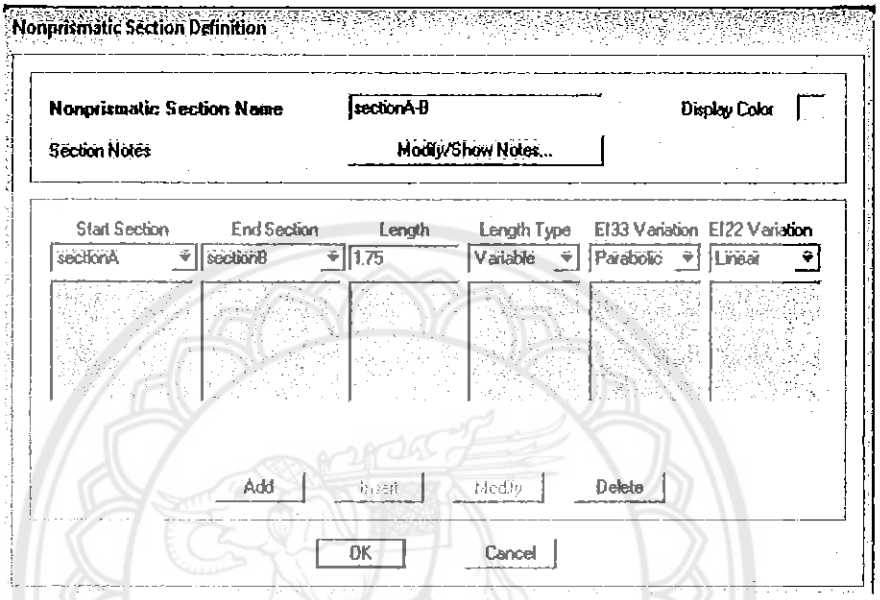
รูปที่ 4.27 แสดงหน้าต่างเลือกสร้าง หน้าตัดเหล็กแบบ Nonprismatic Section A-B

16. ช่อง Frame Section Property Type เลือก Other เลือก ที่รูป Nonprismatic



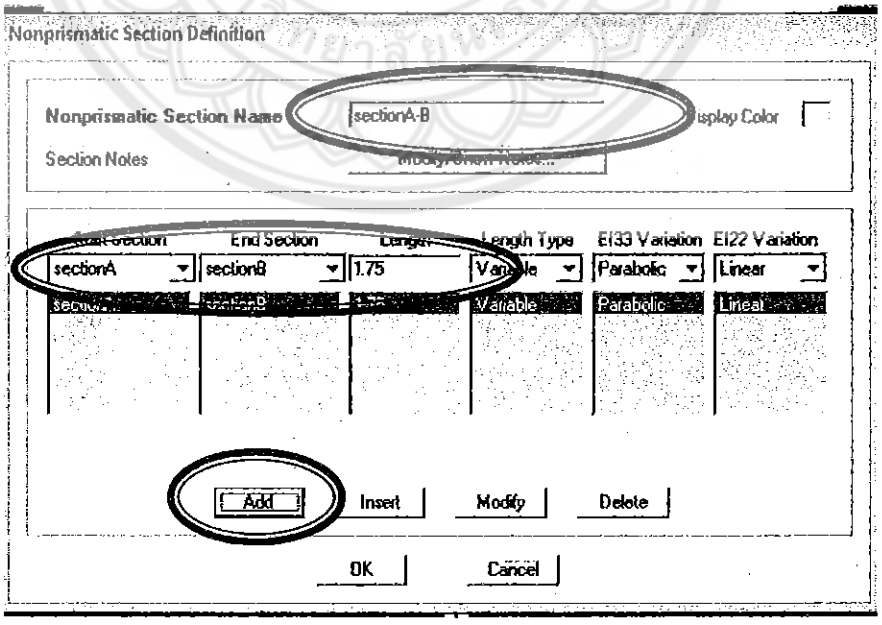
รูปที่ 4.28 แสดงการเลือกลักษณะของ Section A-B

17. ในช่อง Nonprismatic Section Name ใส่ชื่อ Section A-Bช่อง Start Section เลือก Section A ช่อง End Section เลือก Section B ช่อง Length ใส่ค่าอัตราส่วน Length Section A / Section B 0.7÷0.4 =1.75 แล้ว กด Add



รูปที่ 4.29 แสดงหน้าต่างการสร้างหน้าตัดแบบ Nonprismatic Section A-B

18. คลิก Add

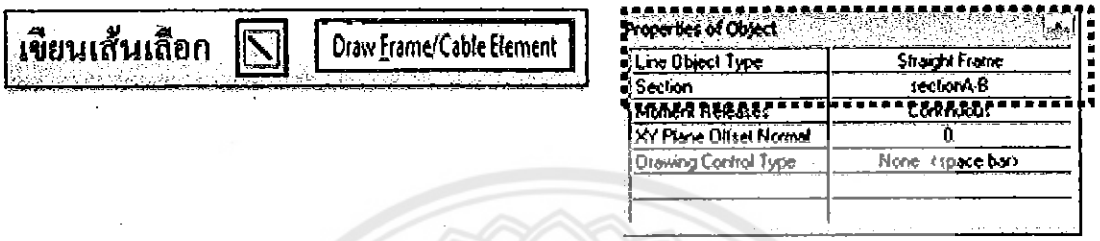


รูปที่ 4.30 แสดงหน้าต่างสร้าง Section A-B

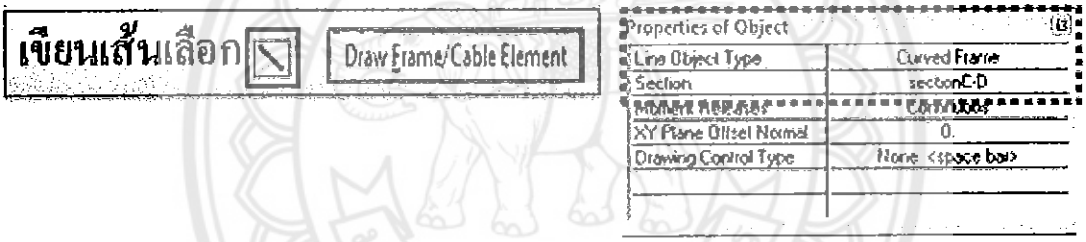
19. จากนั้นทำตามขั้นตอนที่ 15 – 18 เพื่อทำการสร้าง Section B-C และ Section B-C

20. จากนั้นทำการเขียนเส้นของโครงสร้างเหล็ก

เส้นตรง

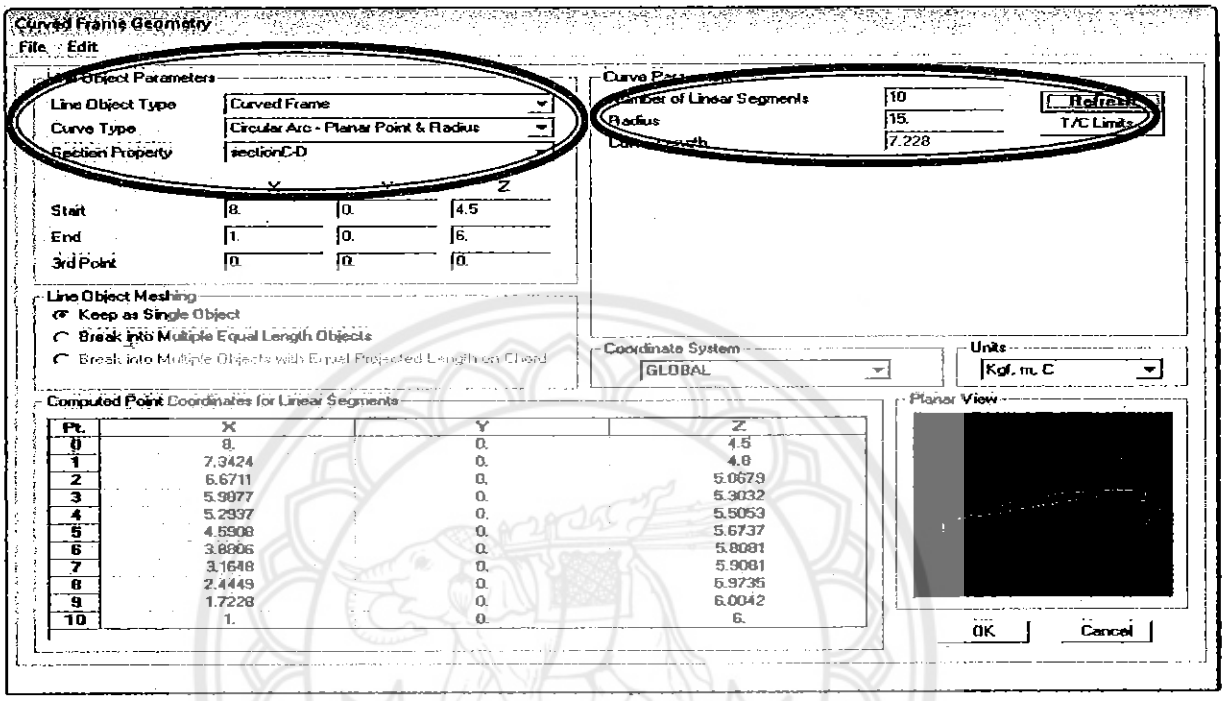


เส้นโค้ง



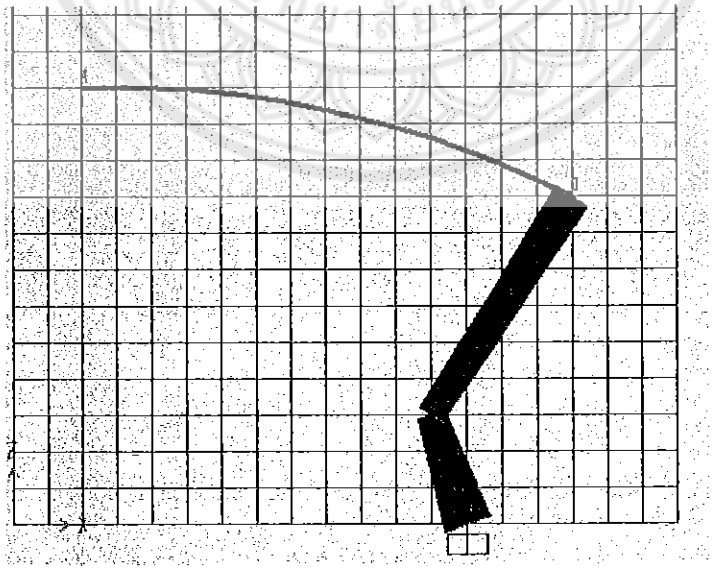
รูปที่ 4.31 แสดงการเลือกเขียนเส้นตรง และเส้นโค้ง

21. การใส่ค่าเพื่อกำหนดเส้นโค้ง คลิก ในช่อง Line Object Type เลือก Curved Frame คลิกที่ช่อง Curve Type เลือก Circular Arc – Planar Point and Radius และสามารถใส่ค่ารัศมีความโค้งที่ช่อง Radius



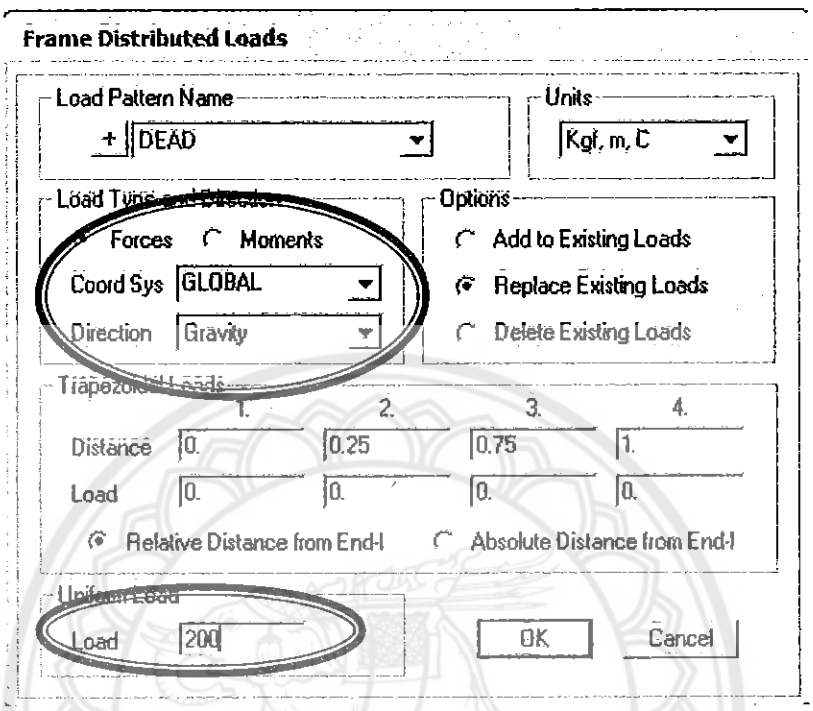
Pt.	X	Y	Z
0	8.	0.	4.5
1	7.3424	0.	4.8
2	6.6711	0.	5.0679
3	5.9977	0.	5.3032
4	5.2937	0.	5.5053
5	4.5908	0.	5.6737
6	3.8806	0.	5.8081
7	3.1648	0.	5.9081
8	2.4449	0.	5.9735
9	1.7228	0.	6.0042
10	1.	0.	6.

รูปที่ 4.32 แสดงการเลือกเส้นโค้งและการใส่รัศมีความโค้ง

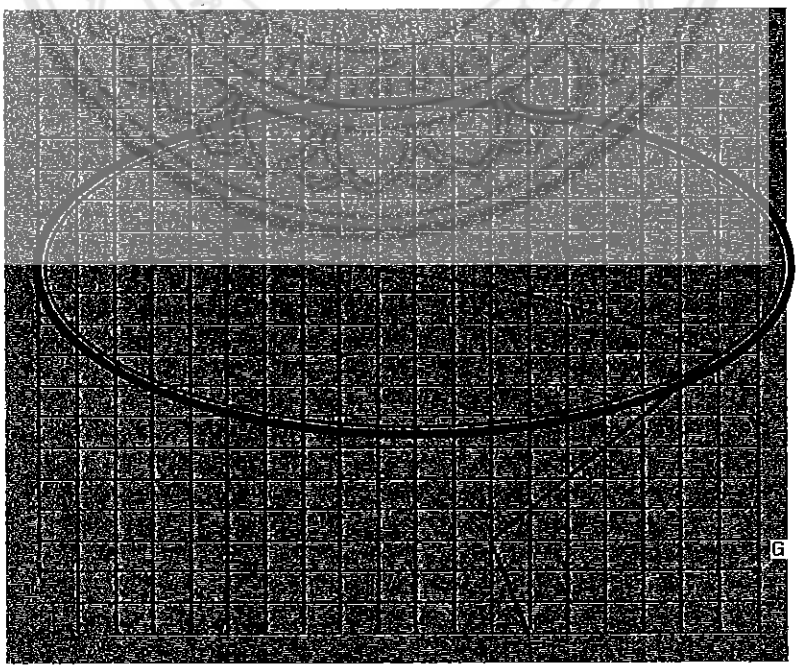


รูปที่ 4.33 แสดงโครงสร้างจากที่ทำการเขียน

22. ทำการใส่แรงกระทำ Distribute load ที่ member คลิกที่ Assign เลือก Frame Loads เลือก Distributed

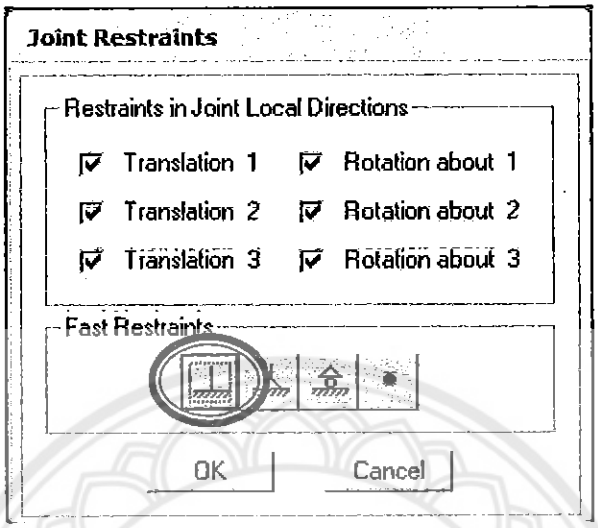


รูปที่ 4.34 แสดงหน้า Frame Distributed Loads (การใส่น้ำหนักของหลังคา)



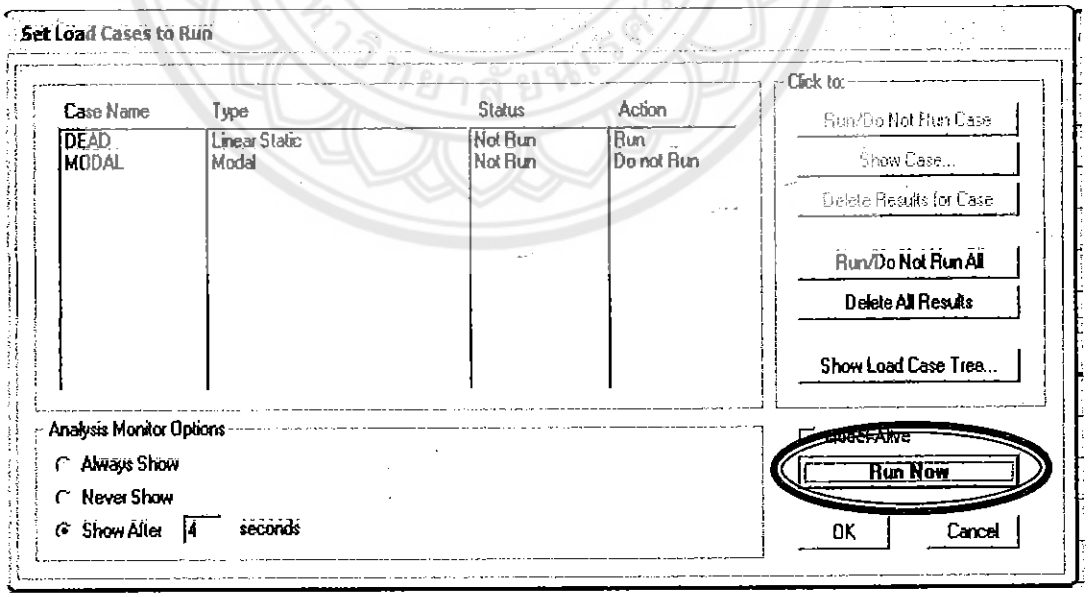
รูปที่ 4.35 แสดงแรงกระทำต่อโครงสร้าง

23. ใส่ Support ของโครงเหล็ก คลิก จุดที่ต้องการใส่ Support จากคลิก Assign เลือก Joint เลือก Restraints

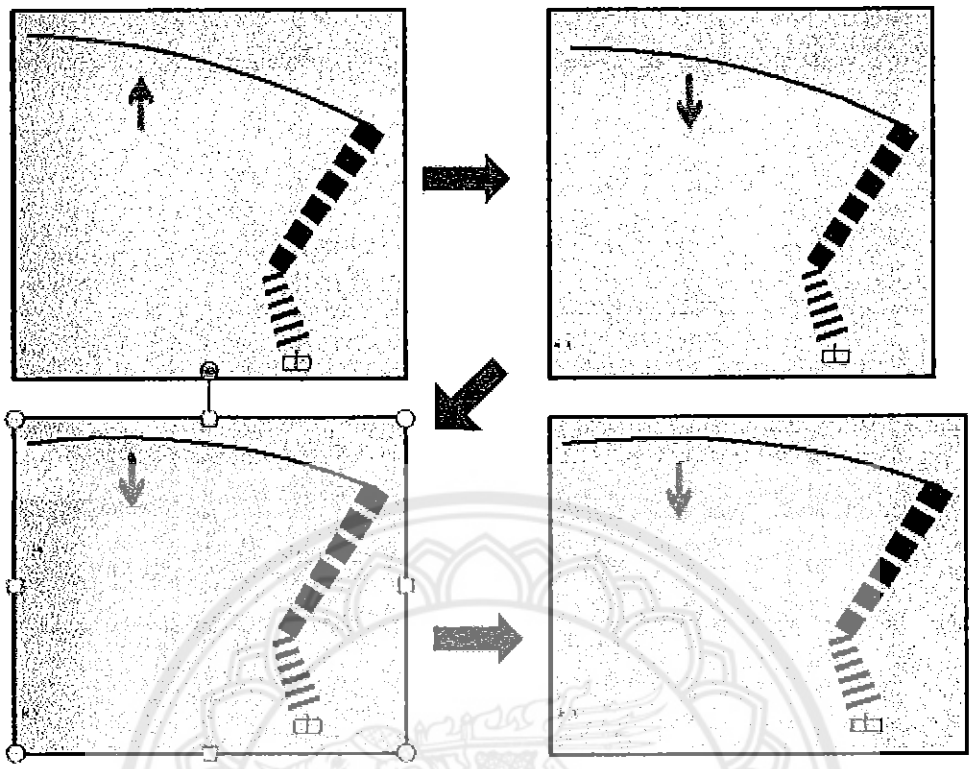


รูปที่ 4.36 แสดงการใส่ Support

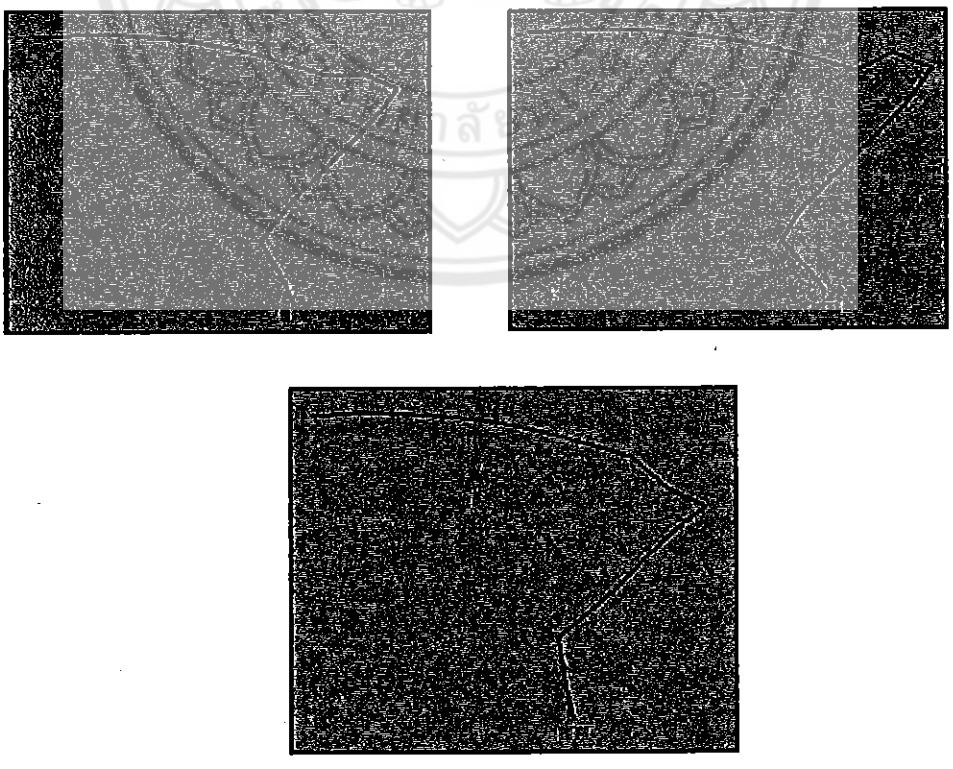
24. ทำการทดสอบความวิบัติของโครงสร้างเหล็กที่ออกแบบว่ารับแรงที่กระทำได้หรือไม่ โดย กด F5



รูปที่ 4.37 แสดงการทำการ RUN

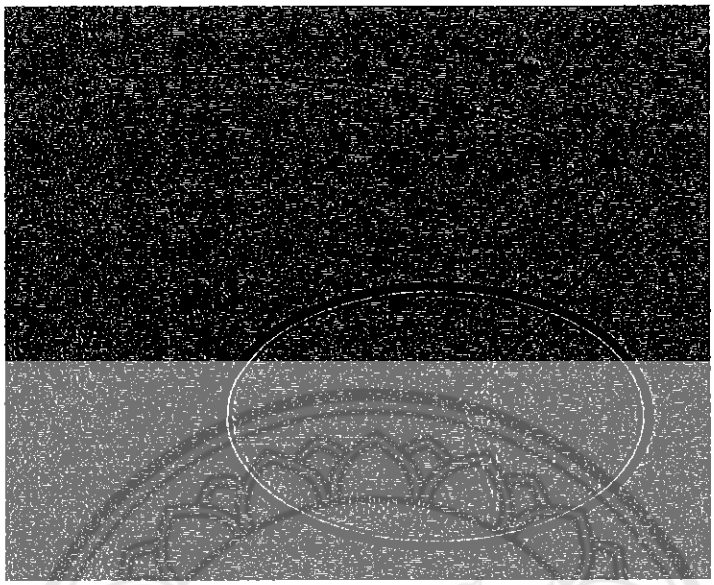


รูปที่ 4.38 แสดงการเคลื่อนที่เมื่อทำการ RUN (โครงสร้างสามารถรับน้ำหนักได้)



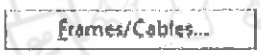
รูปที่ 4.39 แสดงการเคลื่อนที่เมื่อทำการ RUN (โครงสร้างไม่สามารถรับน้ำหนักได้)

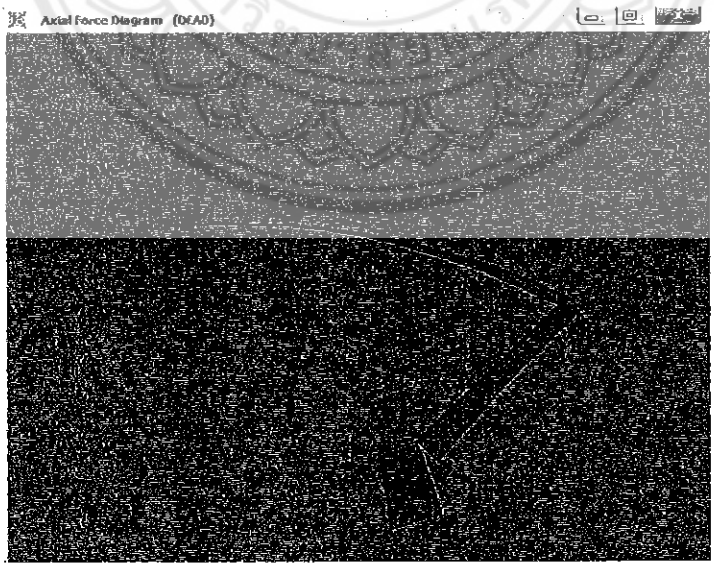
25. หาที่แรง Support คลิกเลือก เลือก Joints



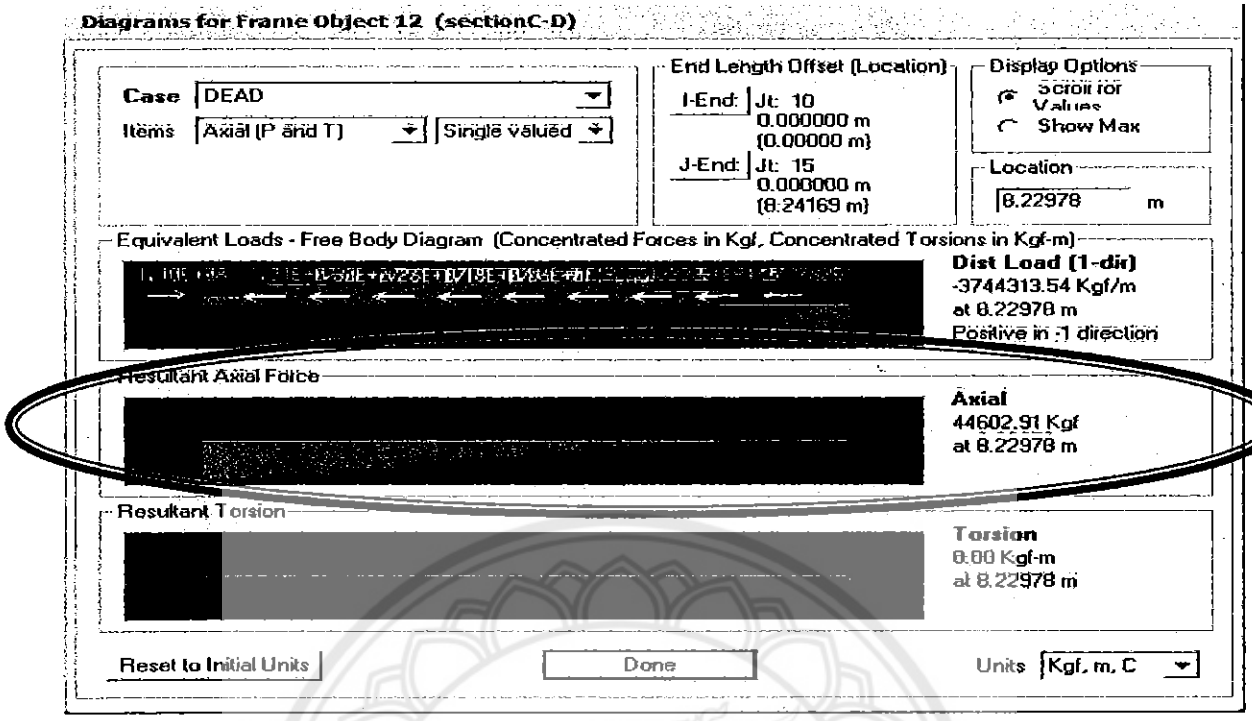
รูปที่ 4.40 **แสดงแรง** Support

26. การหาแรงอัดของโครงสร้างเหล็ก คลิกเลือก เลือก



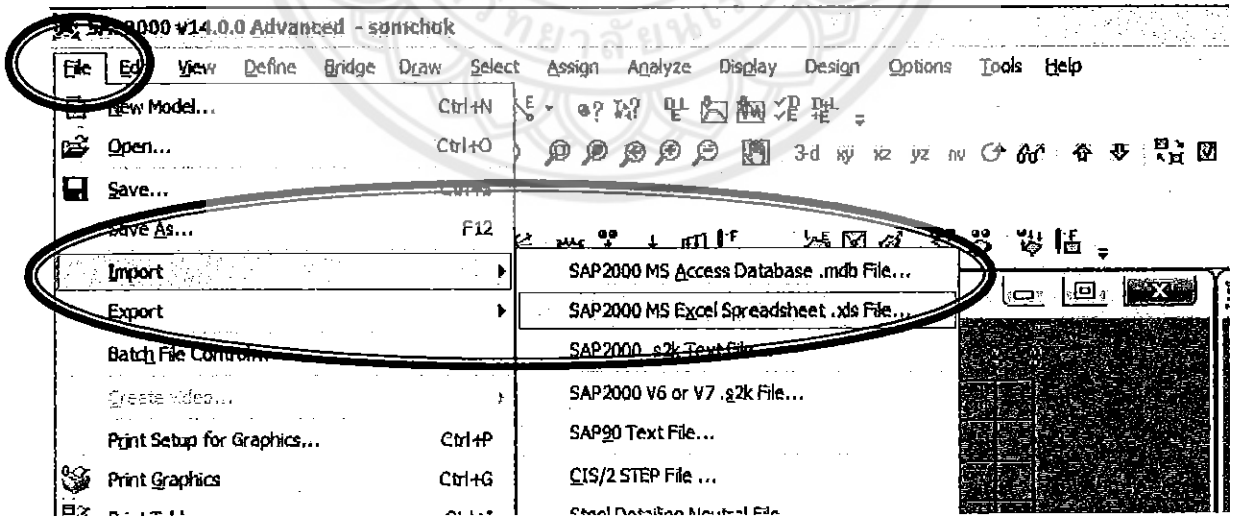


รูปที่ 4.41แสดงโมเมนต์ตามแนวแกน



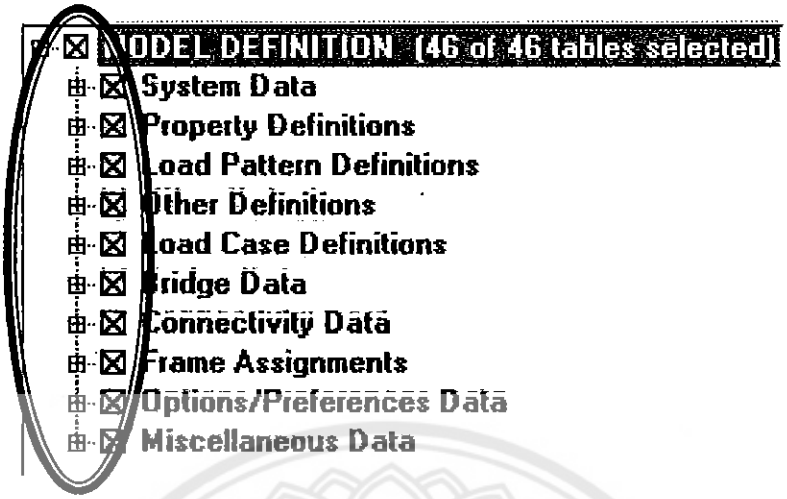
รูปที่ 4.42 แสดงโมเมนต์ตามแนวแกน Resultant Axial Force **(แรงอัดสูงสุด)**

27. จากนั้นทำการ Import ข้อมูลลงในไฟล์ Excel คลิกที่ File เลือก Import แล้วเลือก SAP2000 MS Excel Spreadsheet .xls File...



รูปที่ 4.43 แสดงการ Import ข้อมูลลงในไฟล์ Excel

28. ทำการเลือกไฟล์ทั้งหมด



รูปที่ 4.44 แสดงไฟล์ Import ลงในไฟล์ Excel

ข้อมูลของโครงสร้างเหล็กจะถูกทำให้อยู่ในรูปแบบของโปรแกรม Microsoft office Excel และนำข้อมูลดังกล่าวไปทำ Work sheet ในโปรแกรม Microsoft Excel และทำการเชื่อมโยงเข้าสู่โปรแกรม SAP 2000 (ส่วนที่ 2) สามารถดูการนำไปใช้ได้ที่หัวข้อ 3.6 ขั้นตอนการทำงานการออกแบบหน้าตัดไม่สม่ำเสมอของ Work Sheet (ส่วนที่ 2)

บทที่ 5
สรุปและอภิปรายผล

5.1 สรุปผล

คณะผู้จัดทำได้ทำการศึกษาวิธีการประยุกต์ใช้ ฟังก์ชันการคำนวณทางคณิตศาสตร์ที่มีอยู่ในโปรแกรมสำเร็จรูป Microsoft Excel 2007 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้าง Work Sheet สำหรับการออกแบบโครงสร้าง หลังคา เหล็กรูปพรรณ จะมีการรับค่า และประมวลผลที่แตกต่างกัน ซึ่งการประมวลผลได้อ้างอิงการคำนวณ และข้อกำหนดต่างๆ ตามมาตรฐาน AISC (American Institute of Steel Construction) วิธี ASD หน่วยแรงที่ยอมให้ (Allowable Stress Design) หลังจากที่ได้กรอกรายละเอียดครบถ้วนแล้ว โปรแกรมจะทำการดึงข้อมูลจากฐานข้อมูลเพื่อนำมาคำนวณ เมื่อเสร็จสิ้นการประมวลผลแล้ว โปรแกรมจะแสดงผ ล รวมถึงนำมาประยุกต์ใช้ร่วมกับโปรแกรม Sap2000 ในการคำนวณกรณีที่โครงสร้างนั้นมีหน้าตัดไม่สมมาตรเพื่อความสะดวกและรวดเร็วในการทำงาน ทำ ให้สามารถนำไปออกแบบโครงสร้างเหล็กรูปพรรณได้รวดเร็วและมีความแม่นยำมากขึ้น ลดความคลาดเคลื่อนจากการคำนวณด้วยมือและการออกแบบก็ถูกต้องตามมาตรฐานทางวิศวกรรม

5.2 ข้อคิดเห็น

5.2.1 ข้อดีของการใช้งาน โปรแกรม Microsoft Excel

- เขียนในรูปแบบของสมการทางคณิตศาสตร์เหมือนที่ใช้กันในการเขียนด้วยมือได้
- มีสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์เหมือนการเขียนด้วยมือทั่วไป
- สามารถแสดงผลการคำนวณ และแสดงเป็นรูปภาพหรือกราฟฟิ กได้
- สนับสนุนรูปแบบไฟล์และโปรแกรมได้หลายชนิด เช่น SAP 2000
- สามารถกลับไปแก้ไขสูตร หรือเพิ่มเติมฐานข้อมูลได้ง่าย และ สะดวก

5.2.2 ข้อดีของการใช้งาน Work Sheet เพื่อออกแบบโครงสร้างเหล็กรูปพรรณ

- เข้าใจง่ายด้วยการแสดงผลออกมาเหมือนกับการเขียนด้วยมือ
- ผลลัพธ์ที่ได้ใกล้เคียงกับการคำนวณด้วยมืออาจแตกต่างกันจากการปัดตำแหน่งเลขทศนิยม
- ผู้ใช้สามารถเข้าไปปรับปรุงพัฒนาโปรแกรมได้ด้วยตัวเอง
- สะดวกและรวดเร็วใช้งานง่ายและอีกทั้งผู้ใช้สามารถพัฒนา Work Sheet โดยการนำไปประยุกต์ใช้ กับโปรแกรม Sap2000 ที่สามารถเชื่อมต่อข้อมูลกับ Work Sheet ได้อีกด้วย

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- วัฒนพงษ์ สุวรรณเก. 2544 โครงงานวิชา steel design ภาควิชาวิศวกรรมโยธา วิทยานิพนธ์ปริญญาตรี. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
- ศาสตราจารย์ ดร. วินิต ช่อวิเชียร ,ดร. วรนิติ ช่อวิเชียร : การออกแบบโครงสร้างเหล็ก (STRUCTURAL STEEL DESIGN)มาตรฐาน AISC / ASD / LRFD , 2550.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก. น้ำหนักบรรทุกจร

ตาราง ก.1น้ำหนักบรรทุกจรของอาคารแต่ละประเภทตามกฎกระทรวงมหาดไทย ฉบับที่ 6 พ.ศ. 2527 (หรือข้อบัญญัติกรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2544)

ประเภท หรือส่วนต่าง ๆ ของอาคาร	หน่วยน้ำหนักบรรทุกจร กิโลกรัมต่อตารางเมตร
1. หลังคา	50 (30)
2. กันสาด หรือหลังคาคอนกรีต	100
3. ที่พักอาศัย โรงเรียนอนุบาล ห้องน้ำ ห้องส้วม	150
4. ห้องแถว ตึกแถวที่ใช้พักอาศัย อาคารชุด หอพัก โรงแรม ห้องคนไข้พิเศษของโรงพยาบาล	200
5. สำนักงาน ธนาคาร	250
6. (ก) อาคารพาณิชย์ ส่วนของห้องแถว ตึกแถวที่ใช้เพื่อการพาณิชย์ มหาวิทยาลัย วิทยาลัย โรงเรียน และโรงพยาบาล (ข) ห้องโถง บันได ช่องทางเดินของอาคารชุด หอพัก โรงแรม สำนักงาน และธนาคาร	300 300
7. (ก) ตลาด อาคารสรรพสินค้า หอประชุม โรงมหรสพ ภัตตาคาร ห้องประชุมห้องอ่านหนังสือในห้องสมุด หรือหอสมุด ที่จอด หรือเก็บรถยนต์นั่ง หรือรถจักรยานยนต์ (ข) ห้องโถง บันได ช่องทางเดินของอาคารพาณิชย์ มหาวิทยาลัย วิทยาลัย และโรงเรียน	400 400
8. (ก) คลังสินค้า โรงกีฬา พิพิธภัณฑ์ อัฒจันทร์ โรงงานอุตสาหกรรม โรงพิมพ์ ห้องเก็บเอกสาร และพัสดุ (ข) ห้องโถง บันได ช่องทางเดินของตลาด อาคารสรรพสินค้า ห้องประชุม หอประชุม โรงมหรสพ ภัตตาคาร ห้องสมุด หอสมุด	500 500
9. ห้องเก็บหนังสือของห้องสมุด หรือหอสมุด	600
10. ที่จอด หรือเก็บรถยนต์บรรทุกเปล่า	800

ภาคผนวก ข. หน่วยแรงลม

ตาราง ข.1 หน่วยแรงลมตามกฎกระทรวงฉบับที่ 6 พ.ศ. 2527 (หรือข้อบัญญัติกรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2544)

ความสูงของอาคารหรือส่วนของอาคาร	หน่วยแรงลมอย่างน้อย กิโลปาสกาล (กิโลกรัมแรงต่อตารางเมตร)
(1) ส่วนของอาคารที่สูงไม่เกิน 10 เมตร	0.5 (50)
(2) ส่วนอาคารที่สูงเกิน 10 เมตร แต่ไม่เกิน 20 เมตร	0.8 (80)
(3) ส่วนของอาคารที่สูงเกิน 20 เมตร แต่ไม่เกิน 40 เมตร	1.2 (120)
(4) ส่วนของอาคารที่สูงเกิน 40 เมตร	1.6 (160)

หมายเหตุ ในการนี้ยอมให้ใช้ค่าหน่วยแรงที่เกิดขึ้นในส่วนต่างๆ ของอาคารตลอดจนความต้านทานของดินใต้ฐานรากเกินค่าที่กำหนดไว้ในกฎกระทรวงนี้ได้ร้อยละ 33.3 แต่ทั้งนี้ต้องไม่ทำให้ส่วนต่างๆ ของอาคารนั้นมีความมั่นคงน้อยไปกว่าเมื่อคำนวณตามปกติโดยไม่คิดแรงลม

ภาคผนวก ค. คุณสมบัติทางกลของเหล็กโครงสร้าง

ตาราง ค .1คุณสมบัติทางกลของเหล็กโครงสร้าง

ประเภทและชนิดของเหล็ก	กำลังจุดคราก กก./ซม.^{2}	กำลังดึงประลัย กก./ซม.^{2}	การยืดตัว %	ความหนา นิ้ว
เหล็กกล้าคาร์บอน				
A 36	2500	4000-5000	20*	≤ 8
A529	2900	4150-5850	19*	≤ 0.5
เหล็กกล้าประสมบาง-- กำลังสูง				
A441	2900	4350	16*	1.5-4
	3150	4600	19*	0.75-1.5
	3450	4800	18*	≤ 0.75
A572	2900	4150	20*	≤ 6
	3450	4500	18*	≤ 2
	4150	5200	16*	≤ 1.25
	4500	5500	15*	≤ 1.25
A242 (ทนการผุกร่อน)	2900	4350	16*	1.5-4
	3150	4600	19*	0.75-1.5
	3450	4800	18*	≤ 0.75
A588 (ทนการผุกร่อน)				
	2900	4350	19-21**	5-8
	3150	4600	19-21**	4-5
	3450	4800	19-21**	≤ 4
เหล็กกล้าประสม - ชุบแข็ง				
A514 (ทนการผุกร่อนสูง)	6200	6900-8950	17**	2.5-6
	6900	7600-8950	18**	≤ 2.5

หมายเหตุ * ความยาวพิกัด 20 ซม. ** ความยาวพิกัด 5 ซม.

Note: เมื่อเหล็กมีความหนามากขึ้น กำลังจุดครากจะลดลง

ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน

ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน

ผู้จัดทำโครงงาน นายเชาวฤทธิ์ โตสุข
วัน/เดือน/ปีเกิด 14 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2531
ที่อยู่ 18/2 หมู่ที่ 7 ตำบลลานหอย อำเภอบ้านด่านลานหอย จังหวัดสุโขทัย
ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2543 สำเร็จการศึกษาระดับประถมศึกษาจาก โรงเรียนบ้านวังโคนเปือย จังหวัดสุโขทัย

พ.ศ. 2549 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนบ้านด่านลานหอยวิทยา จังหวัดสุโขทัย

พ.ศ. 2550 ศึกษาระดับปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต (วิศวกรรมโยธา) มหาวิทยาลัยนเรศวร วิทยาเขตสารสนเทศ พะเยา

ผู้จัดทำโครงงาน นาย นนทพัทธ์ ช่วยเพ็ญ
วัน/เดือน/ปีเกิด 3 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2532
ที่อยู่ 69 หมู่ 3 ตำบล บ้านไร่ อำเภอ ศรีสำโรง จังหวัด สุโขทัย
ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2543 สำเร็จการศึกษาระดับประถมศึกษาจาก โรงเรียนบ้านไร่ (สำนักงานสลากกินแบ่งสงเคราะห์155) จังหวัด สุโขทัย

พ.ศ. 2549 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาจาก โรงเรียนบ้านไรพิทยาคม จังหวัด สุโขทัย

พ.ศ. 2550 ศึกษาระดับปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต (วิศวกรรมโยธา) มหาวิทยาลัยนเรศวร วิทยาเขตสารสนเทศ พะเยา

ผู้จัดทำโครงงาน นาย สมโชค เศษเมือง
วัน/เดือน/ปีเกิด 14 ธันวาคม พ.ศ.2531
ที่อยู่ 84/11 ตำบลแม่อ้อ อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย
ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2543 สำเร็จการศึกษาระดับประถมศึกษาจาก โรงเรียนบ้านแม่อ้อ จังหวัด เชียงราย

พ.ศ. 2546 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้นจากโรงเรียนแม่อ้อวิทยาคม จังหวัด เชียงราย

พ.ศ. 2549 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนพานพิทยาคม จังหวัดเชียงราย

พ.ศ. 2550 ศึกษาระดับปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต (วิศวกรรมโยธา) มหาวิทยาลัยนเรศวร วิทยาเขตสารสนเทศ พะเยา

ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน

ผู้จัดทำโครงงาน นาย วิศณุ บุญยิ่ง

วัน/เดือน/ปีเกิด 25 ตุลาคม 2531

ที่อยู่ 134 หมู่ 8 ต.หนองหญ้าปล้อง อ.บ้านด่านลานหอย จ.สุโขทัย 64140

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2543 สำเร็จการศึกษาระดับประถมศึกษาจาก โรงเรียน บ้านหนองหญ้าปล้อง จังหวัดสุโขทัย

พ.ศ. 2546 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้นจากโรงเรียนบ้านหนองเสือพิทยาคม จังหวัดตาก

พ.ศ. 2549 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนบ้านด่านลานหอยวิทยา จังหวัดสุโขทัย

พ.ศ. 2550 ศึกษาระดับปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต (วิศวกรรมโยธา) มหาวิทยาลัยนเรศวร วิทยาเขตสารสนเทศ พะเยา