

เอกสารความรู้

เรื่อง

การวิเคราะห์ความแข็งแรงของชิ้นส่วนด้วย Solidwoks Simulation

โดย

รองศาสตราจารย์ ดร.จตุรงค์ ลังกาพินธุ์

สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตรอุตสาหกรรม ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ปัจจุบันมีบริษัทเอกชนหลายแห่ง ได้พัฒนาโปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับใช้วิเคราะห์ปัญหาทางไฟไนต์เอ ลิเมนต์ โดยเน้นให้ใช้งานได้ง่าย วิเคราะห์ปัญหาได้ครอบคลุมทุกด้าน ไม่ว่าจะเป็นปัญหา ทางของแข็ง ของไหล ความร้อน สภาวะสถิตย์หรือพลศาสตร์ และการวิเคราะห์ปัญหาที่ไม่ใช่เชิงเส้น อีกทั้งยังมีความแม่นยำสูง จำลองสภาพของภาระโหลดและเงื่อนไขขอบได้เกือบทุกรูปแบบ จึงทำให้เป็นที่นิยมใช้เพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ อย่างไรก็ตาม ผู้ที่มีประสบการณ์น้อยต้องมีความระมัดระวังในการนำผลลัพธ์จากโปรแกรมไปใช้งาน เพราะ วิธีการนี้เป็นการวิเคราะห์เพื่อดูผลเบื้องต้น ซึ่งควรจะทำการตรวจสอบโดยการทดลอง หรือคำนวณตามหลัก วิศวกรรมเพื่อเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้ แต่สำหรับวิศวกรผู้ที่มีประสบการณ์สูงก็สามารถนำผลลัพธ์จาก โปรแกรมไปใช้งานได้โดยเปรียบเทียบกับประสบการณ์ที่ตนเองมี สำหรับบทนี้จะกล่าวเฉพาะการใช้เครื่องมือ ไฟไนต์เอลิเมนต์ที่ Add in รวมอยู่ในโปรแกรม Solidworks มาวิเคราะห์ปัญหาในสภาวะสถิตย์เท่านั้น เพื่อให้ คุณเข้าใจหลักเบื้องต้นในการใช้โปรแกรมทางด้านไฟไนต์เอลิเมนต์ ส่วนการวิเคราะห์ปัญหาในลักษณะอื่นๆ คุณสามารถศึกษาเพิ่มเติมได้ด้วยตนเอง ในบทนี้คุณจะได้เรียนรู้

1. ขั้นตอนการใช้โปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์วิเคราะห์ปัญหาทางวิศวกรรม

ขั้นตอนทั่วไปในการใช้โปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์สำเร็จรูปวิเคราะห์ปัญหาทางวิศวกรรมสำหรับ โปรแกรมที่มีทั้ง CAD และ CAE อยู่ในโปรแกรมเดียวกัน หรือ Add-in โปรแกรมด้าน CAE เข้ามาใช้ร่วมมี ดังต่อไปนี้

- สร้างโมเดลจากโปรแกรมด้าน CAD โดยไม่ต้องทำการลบมุม (Fillet หรือ Chamfer) ชิ้นงาน เนื่องจากการลบมุมจะทำให้โปรแกรมใช้เวลาในการคำนวณมากขึ้น และยังไม่มีผลต่อความแข็งแรง ของชิ้นงาน
- 2. กำหนดรูปแบบการวิเคราะห์
- 3. กำหนดคุณสมบัติวัสดุ
- 4. กำหนดภาระโหลดที่กระทำกับชิ้นงาน และเงื่อนไขการจับยึด
- 5. กำหนดลักษณะและขนาดของเอลิเมนต์
- คำนวณผลและแสดงผลการวิเคราะห์

ทุกโปรแกรมจะมีขั้นตอนในการวิเคราะห์ปัญหาดังกล่าวข้างต้น หรืออาจจะมีความแตกต่างสลับหัวข้อ กันบ้างเล็กน้อย ในที่นี้จะขอยกตัวอย่างการใช้ Solidworks Simulation วิเคราะห์ความแข็งแรงของชิ้นส่วน เบื้องต้น

2

2. การใช้ Solidworks Simulation วิเคราะห์ความแข็งแรงของขึ้นส่วน

Solidworks Simulation เป็นโมดูลเฉพาะของโปรแกรม Solidworks ที่ใช้วิเคราะห์ไฟไนต์ เอลิเมนต์ได้ครอบคลุมเกือบทุกด้าน ไม่ว่าจะเป็นปัญหาของแข็ง ของไหล ความร้อน สภาวะสถิตย์ หรือพลศาสตร์ การหาค่าที่เหมาะสม รวมถึงการวิเคราะห์ปัญหาที่ไม่ใช่เชิงเส้น

วางได้งเปื้อหเปิดใช้ใต้งานเมื่อ Addim	ໂພລ Add-Ins	×
ออกภุณฑระกุณเทเมง เทเทอ Add-IU	L 시 옛 이 Active Add-ins	Start Up Last Load
Solidworks Simulation โดย	SOLIDWORKS Premium Add-ins	
	ר עודעיייע CircuitWorks רעדעיייע עראיג CircuitWorks רעדעיייע איז	
1. คลิกที่แท็บ Tools เลือก Add-in จากเมนู เมื่อกล่อง	ไต้ตอบ PhotoView 360	· · ·
ุ ∧ เปล่า ประกอกสี้น อกิลให้เครื่อ พระเอน 🗸 แสด ในเชีย	Scanlo3D	r 🗌 - I
Add-In บรากฏขน คลกเหเครองหมาย 💌 แสดงเนเชค	ไปย์ไข้ ■ SolidWORKS Motion	
widooou 💁 SOLIDWORKS Simulation Secol	SOLIDWORKS Routing	25
มนาเอตอน 🗙 ผงวูบ	SOLIDWORKS Toolbox Library	✓ < 1s
	Autotrace	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
		Cancel
		Cunci
2. คลิกแท็บ SOLIDWORKS Add-Ins แล้ว เลือกไอคอน รัฐป	Constant of the second se	NORKS TOIAnalyst SOLDWORKS TOIAnalyst Simulation autation he SOLDWORKS
หลังจากที่ได้ Add-in โมดูลนี้แล้ว ถ้า	Window Help +	Cantilev
ต้องอารให้โปรแอรงแสดงค์ถืออองป้องแสดงอิรีอารให้	SOLIDWORKS Tutorials	
ผองแบรเพยกระแรกหนุณหนึ่งกอกกุฬยุณฑยุณ รถแบรเจ	Toolbox SOLIDWORKS Simulation	Help Topics
โปรแกรมวิเคราะห์ปัญหาต่างๆ สามารถ คลิกที่ Help	API Help Topics	Tutorials
	Toolbox Help	Validation
บนทูลบาร์มาตรฐาน แล้วเลือก Solidworks	Search	► Customize Menu
Simulation และ Tutorials จากเมนดังรป จะปรากภ		
	SOLIDWORKS Simulation Tutorials	
หนาตางของ Solidworks Simulation Tutorials ขน	4 + #	
พางด้านขาวบื้อของกราฟิกแอเรีย ซึ่งดุญสามารถให้	Show Back Print	~
	Simulation in SOLIDWORKS Pre	mium
เป็นแนวทางในการศึกษาวิธีการใช้โปรแกรมด้วยตัวเอง	Simulation in SOLIDWORKS SOLIDWORKS Simu Premium Standard	lation
	SOLIDWORKS Simulation SOLIDWORKS Simu Professional Premium	lation
	All SOLIDWORKS Simulation Back to SOLIDWO Tutorials Tutorials	RKS
	The lessons present Simulation functionality availa Premium in an example-based learning format.	ble in SOLIDWORKS
	For details about typographical conventions and h	ow to navigate through
	To open the SOLIDWORKS Simulation tutorial mod	els, you must activate the
	Notion	
	SOLIDWORKS Motion Matian Am	d Mata
	Redundancies	i riate
	Emmel T	

ในหัวข้อนี้จะใช้โมเดลที่มีอยู่ในโปรแกรมอยู่แล้วในหัวข้อ Static มาเป็นกรณีศึกษา เพื่อวิเคราะห์หา ค่าความเค้น (Stress) ค่าความเครียด (Strain) ค่าการเคลื่อนตัว (Displacement) และค่าความปลอดภัย (Safety of Factor) ที่เกิดขึ้นกับชิ้นงาน มีขั้นตอนการใช้งาน ดังนี้ เปิดไฟล์ชิ้นงานชื่อ Tutor1 ใน Tutorials ของโปรแกรม แล้วบันทึกเป็นชื่อ Tutor1_Test (ตัวอย่างชิ้นงานนี้จะอยู่ในหัวข้อ Static ชื่อ Analysis of a part ในคู่มือออนไลน์คุณสามารถเปิด ศึกษาไปพร้อมกับตัวอย่างนี้หรือปิดไปก่อนก็ได้)

บน Study

คลิกแท็บ Simulation คลิกไอคอน ^{Simulation} คลิกไอคอน New Study
 Advisor เมื่อหน้าต่าง Study ปรากฏขึ้นดังรูปให้

- กำหนดชื่อการศึกษา (Name) เป็น "Static"
- รูปแบบการวิเคราะห์ (Type) เลือกเป็น Static
- 🔹 คลิกปุ่ม 🗹

	Study	1
~	× +	
Mess	age	^
Name	e	^
	Static	
Туре		^
C*	Static	
Q	Thermal	
QY	Frequency	
P.A	Design Study	
2	Submodeling	
¢	Nonlinear	
۱ _M γ	Linear Dynamic	

S Run

Connectic 🔋 Update All Components

Export...

Mesh
 Frend Tracker
 Create Submodeling Study
 Load Case Manager

<u>D</u>elete
 Details...

< Static (-Defaul*

tutor1

B Fixtures

External Lo

กำหนดค่าคุณสมบัติของการวิเคราะห์สแตติก โดยคลิกขวาที่ชื่อ
 Static เลือก Properties จากเมนูดังรูป



4



กำหนดคุณสมบัติวัสดุให้ชิ้นงาน โดยคลิก เลือก
 Apply Material จากเมนูดังรูป



กล่องโต้ตอบ Material จะปรากฏขึ้นมาให้

- เลือกคุณสมบัติจาก Solidworks
 Materials เป็น Alloy Steel
- เลือกหน่วย เป็น English (IPS)
- คลิกปุ่ม Apply และปุ่ม

8 AISI 1035 Steel (SS)	*	Properties	Tables &	Curves	Appearance	CrossHatch	Custom	Application Da	at
See AISI 1045 Steel, cold drawn		Material Material to a cust	properties in the def om library	ault libr	rary can not be t.	edited. You	must first	copy the materia	al
AISI 316 Annealed Stainless Stee	I Ba	Model Ty	pe: U	near Ela:	stic Isotropic	•]			
E AISI 321 Annealed Stainless Stee	1 (S:	Units	SI	- N/m^3	2 (Pa)	•			
AISI 347 Annealed Stainless Stee	1 (S:	Category	51	eel					
AISI 4130 Steel, annealed at 8650	2	Name:	A	loy Stee	el .				
AISI 4130 Steel, normalized at 87	0C	Default f	ailure M	ax von A	Aises Stress	*			
AISI 4340 Steel, normalized		Descripti	on:						
AISI Type 316L stainless steel		Source:							
AISI Type A2 Tool Steel		Contractory of Contractory	n In	efined					
E Alloy Steel		Sustemie	ourge [-						
Alloy Steel (SS)		Property			Value	Units			1
ASTM A36 Steel		Elastic Mo	Idulus		2.1e+011	N/m^2			
SE Cast Alloy Steel		Poisson's	Ratio		0.28	N/A			
E Cast Carbon Steel		Shear Mo	dulus		7.9e+010	N/m^2			
🚰 Cast Stainless Steel		Mass Den	sity		7700	kg/m^3			
E Chrome Stainless Steel		Tensile St	rength		723825600	N/m^2			
Sealvanized Steel		Compress	ive Strengt	ħ		N/m^2			
8 Plain Carbon Steel		Yield Stree	ngth		620422000	N/m^2			
<u> </u>		Thermal E	xpansion (oefficie	nt 1.3e-005	/K			
Am Chainders Flood Marrillel									

ความรู้เพิ่มเติม

5

คุณสมบัติของวัสดุคือ Alloy Steel สามารถตรวจสอบได้ 2 วิธี ดังนี้

- จะมีเครื่องหมายถูกสีเขียวแสดงที่ไอคอน tutor1 และมีชื่อของวัสดุ Alloy Steel ต่อท้ายชื่อ ไฟล์ชิ้นงาน V tutor1 (-Alloy Steel-)
- คลิกขวาที่ไอคอน Stutor1 (-Alloy Steel-) เลือก Details จะปรากฏรายการคุณสมบัติของ วัสดุขึ้นมา

 กำหนดเงื่อนไขการจับยึด การวิเคราะห์แบบ Static ต้องกำหนดการจับยึดให้ครบถ้วนในแต่ละส่วนของ ชิ้นงานให้มีความมั่นคง ในตัวอย่างนี้จะทำการจับยึดแน่น (fix) ที่รูทั้งสองของชิ้นงาน

โดยคลิกเลือก C Fixed Geometry จากเมนูดัง
 รูป



เมื่อหน้าต่าง Fixture ปรากฏขึ้นมา ที่ แถบ Type ให้

- เลือก Fixed Geometry
- คลิกเลือกผิวด้านในรูเจาะ
 ชิ้นงานทั้งสองที่ให้ปรากฏ สัญลักษณ์ดังรูป
- คลิกปุ่ม<



 กำหนดแรงกระทำ ในตัวอย่างนี้จะกำหนดแรงกดอัดใน แนวตั้งฉากกับผิวด้านหน้าของชิ้นงานทรงกระบอก

โดยคลิกเลือก ^{III} Pressure</sup> จะปรากฏหน้าต่าง
 Pressure ขึ้นมา

35 s	OLIDW	ORKS	•	<u>• 🔊 -</u>	G
Study Advisor	Apply Material	Fixtures Advisor	External Loads Advisor	Connections Advisor	1
eatures	Sketch	Evalua	Ext	ternal Loads Advis	or
			For	rce rque	
			H Pre	essure	
			8 Gr	wity	/

- ที่กรอบ Type เลือก Normal to selected face แล้วคลิก เลือกผิวหน้าของชิ้นงานดังรูป
- ที่กรอบเมนู Pressure Value
 เลือก psi ป้อนค่าตัวเลขขนาด
 แรงกระทำ 1000 psi
- คลิกปุ่ม🖋

 ตั้งค่าการแบ่งเอลิเมนต์ คลิกเลือก Screate Mesh จาก เมนูดังรูป





เมื่อหน้าต่าง Mesh ปรากฏขึ้นมาดังรูป

- Mesh Density (ขนาดของเอลิเมนต์) กำหนดตามค่า ของโปรแกรมดังรูป
- Mesh Parameters ให้เลือก Standard mesh ส่วน ค่าอื่นๆ กำหนดตามค่าของโปรแกรมดังรูป
- Advanced เลือก
 - Jacobian points เท่ากับ 4
 - Automatic trial for solid เท่ากับ 3

เพิ่มเติม

 ตัวเลือก Run (Solve) the analysis โปรแกรมจะทำ การประมวลผลหลังจากการกำหนดการแบ่งเอลิเมนต์ เสร็จสิ้นโดยอัตโนมัติ ถ้าไม่เลือกโปรแกรมจะยังไม่ทำ การประมวลผล จะต้องรันโปรแกรมอีกครั้ง

Mes	n Density	
8		
	Coarse	Fin
	Reset	
V M	esh Parameters	
	Standard mesh	
	🔘 Curvature-based mesh	
	Blended curvature-based	d mesh
aladau	mm	-
	6.82621776mm -	-
N N		
+++++	0.34131089mm	• 📥
	Automatic transition	
Adva	anced	[
	Jacobian points 4 point	its 🔻
	Draft Quality Mesh	
	Automatic trials for solid	
Opti	ons	
	Save settings without me	sching



		Si un Thia	
8.	สั่งให้โปรแกรมประมวลผล โดยคลิกอคอน	Study	ดังรูป
มีห	น้าต่างแสดงสถานะของการคำนวณขึ้นมาจน	เคำนวถ	มสร็จ

355	OLIDW	ORKS	•	🗅 • 🗁 •	8 • 8	· 5
Study Advisor	Apply Material	Fixtures Advisor	External Loads	Connections Advisor	Shell	Run This Study
-	material	-	Advisor	-	manager	3

การแสดงผลลัพธ์จะแสดงเป็นค่าความเค้น Von Mises ค่าการเคลื่อนตัว และความเครียด ของชิ้นงาน

ผลเฉลยความเค้น Von Mises

ความเค้น Von Mises เป็นผลลัพธ์ แรกที่แสดงหลังจากการประมวลผล ซึ่งจะ คำนวณจากส่วนประกอบของความเค้นใน ทิศทางต่างๆ ของชิ้นงาน

- ค่าความเค้น Von Mises มีค่าสูงสุด
 บริเวณที่แสดงเป็นสีแดง
- จากรูปจะเห็นว่าชิ้นงานจะเริ่มเสียหายตั้งแต่บริเวณที่เป็นสีเขียวอ่อนเป็นต้นไป เนื่องจากมี ค่าความเค้นมากกว่าค่า Yield Strength (ลูกศรสีแดง)

ความรู้เพิ่มเติม เมื่อคลิกขวาที่ไอคอน **Stress (-vonMises-)** เลือก Edit Definition จะปรากฏหน้าต่าง Stress Plot สามารถ

- เปลี่ยนการแสดงค่าความเค้นในทิศทางต่างๆ ที่ช่อง
 Component
- เปลี่ยนหน่วยของความเค้น ที่ช่อง 🛙 Unit

การแสดงผลเฉลยของการเคลื่อนตัว

การเคลื่อนตัว คือ ผลของการ คำนวณจากส่วนประกอบของการเคลื่อนตัว ในทิศทางต่างๆ ของชิ้นงาน แสดงผลโดยการ ดับเบิลคลิกที่ **^{MDisplacement}** จะได้ผลดังรูป



8

ความเครียดของชิ้นงานคำนวณ จากส่วนประกอบของความเครียดในทิศทาง ต่างๆ ของชิ้นงาน การแสดงผลทำได้โดยการ ดับเบิลคลิกที่ 隆 Strain1 (-Equivalent- จะได้ผล ดังรูป





การแสดงภาพเคลื่อนไหวของความเค้น การเคลื่อนตัว และความเครียด

การแสดงการเคลื่อนไหวของความเค้น การ เคลื่อนตัว หรือความเครียด ทำได้โดยการคลิกขวาที่ ไอคอน Stress Displacement หรือ Strain (เลือกตาม ความต้องการ) และเลือก ^{Animate} จากเมนูชิ้นงาน จะเคลื่อนไหวและปรากฏหน้าต่าง Animation

- Hide
 Edit Definition...
 Animate...
 Section Clipping...
 Section Clipping...
- คลิกปุ่ม 匣 เพื่อหยุดภาพเคลื่อนไหว
- คลิกปุ่ม 🎹 เพื่อหยุดภาพเคลื่อนไหวในตำแหน่งที่ต้องการ
- คลิกปุ่ม 💽 เพื่อเริ่มต้นภาพเคลื่อนไหวอีกครั้ง
- Save as AVI file ใช้บันทึกภาพเคลื่อนไหวเป็นไฟล์วิดีโอ AVI

สำหรับการตรวจสอบตำแหน่งความเสียหายที่ อาจเกิดขึ้นโดยการกำหนดค่า FOS ทำได้โดยคลิกขวาที่ Results เลือก Define Factor of Safety Plot จากเมนู จะเปิดหน้าต่างของ Factor of Safety ซึ่งมี 3 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 คลิกเลือกการตรวจสอบโดยใช้ Max von Mises stress แล้วคลิกปุ่ม 🗐 เพื่อทำขั้นตอนที่ 2

	C Fixe	£		
ł	18 External	4	Define Factor Of Safety Plot	
		Ś	Define Stress Plot	45
	Result C	S	Define <u>D</u> isplacement Plot	
	Results	\$	Define Strajn Plot	
	Str.	5	Define <u>D</u> esign Insight Plot	
	Disp	4	Define Fatigue Check Plot	
	Stra	5	Results Equations	

i 🌍	Factor of Safety	1
~	×	، ک
Mes	sage	
Step	1 of 3	^
	All	
	Selected bodies	
3	Max von Mises Stress	•
	$\frac{\sigma_{vonMises}}{\sigma_{Limit}} < 1$	
Adva	anced Options	^
	Set upper limit for Fac	tor of Safety
	3	

ขั้นตอนที่ 2 ในกรอบ Set stress limit to คลิกเลือก Yield strength คลิกปุ่ม 🗐 เพื่อทำขั้นตอนต่อไป



ขั้นตอนที่ 3 คลิกเลือก Areas below factor of study และป้อนค่า เท่ากับ 1 แล้วคลิกปุ่ม ✓

Factor of Safety	(?)
×	•
o 3 of 3	~
Factor of safety distribution)
Areas below factor of safety	
1	
Safety result Based on the maximum von Mis stress criterion: Minimum factor of safety: 0.462171	es
	Factor of Safety Sold 3 Factor of safety distribution Factor of safety distribution Areas below factor of safety 1 Safety result Based on the maximum yon Mis stress criterion: Minimum factor of safety: 0.462171

ชิ้นงานนี้จะมีค่าความปลอดภัยเท่ากับ 1 ส่วนของตำแหน่งที่ไม่ปลอดภัยจะแสดงด้วย สีแดงดังรูป Model name:tutor2 Study name:Static{-Default-) Plot type: Factor of Safety Factor of Safety1 Criterion : Max von Mises Stress Red < FOS = 1 < Blue



การคำนวณแรงปฏิกิริยาที่กระทำกับรูเจาะทั้งสอง

- ช่อนเงื่อนไขของการจับยืดและลักษณะ ของแรงกระทำ โดยการคลิกขยายเมนู
 - Hide/Show Items แล้วเลือกปิด ไอคอน 🚳 จากเมนู ดังรูป
- คลิกคำสั่ง ^{List Result Force} ที่อยู่ใน Result Advisor บนคอมมานด์เมเนเจอร์ หน้าต่าง Result Force จะปรากฏขึ้น



- 3. เลือก Reaction Force
- 4. เลือก Units เป็น English (IPS)
- เลือกผิวด้านในของรูเจาะ ทั้งสอง
- คลิกปุ่ม ^{update} จะ ปรากฏค่า Reaction Force ที่กระทำกับรูเจาะ ทั้งสองดังรูป



ซึ่งสามารถพิสูจน์ผลลัพธ์ของแรงปฏิกิริยา โดยการนำพื้นที่หน้าตัดที่เป็นรูปวงกลมหรือวง แหวน (2.8389 ตารางนิ้ว) คูณด้วยแรงกดอัด 1000 psi จะได้แรงปฏิกิริยาตามที่แสดงดังรูป

เพิ่มเติม แรงปฏิกิริยาที่กระทำในทิศทางอื่นๆ ก็สามารถหาได้จากวิธีที่กล่าวไว้ข้างต้น

11

เอกสารอ้างอิง

จตุรงค์ ลังกาพินธุ์, **ออกแบบและเขียนแบบวิศวกรรมด้วยโปรแกรม SolidWorks**, พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์ทริปเพิ้ล เอ็ดดูเคชั่น จำกัด. 2560. (214 หน้า) ISBN 978-974-365-300-1