结构单元案例

14.1 桁架单元

本节通过展示一个二维简单桁架结构,介绍本软件桁架单元的应用及界面基本操作方法。数 值计算模型示意图如图 14-1 所示,结构跨度 18m,高 3m。该计算模型左侧和右侧角点 xy 方向 位移固定,同时在结构顶部相应位置分别施加大小为 1kN 和 2kN 的集中荷载。模型材料相关参数 如表 1 所示:



14.1.1 FssiCAS 图形界面操作——前处理

14.1.1.1在 FssiCAS 软件中创建工程文件

用户首先在任何路径新建一个文件夹,自定义文件名,比如命名为 Truss;用户点击图标**F**ssi,即可启动 FssiCAS 软件;

在 FssiCAS 软件中,用户点击 File—New,即可新建一个项目;用户点击 File—Save,选择之前新建的文件夹(选择 Truss 文件夹),即可将新建的项目保存在之前新建的文件夹里;当用户点击右上角×(退出软件)时,在弹出的窗口中选择 Yes,可保存当前项目,选择 No 即不保存当前

项目,即可将新建的项目保存在之前新建的文件夹里,如图 14-2 所示。

		File UserDe	Fssi N	ote		×		
		Copen	1	There a	re unsaved item	ns, save or not?		
		Save		<u>Y</u> es	<u>N</u> o	Close		
	名称	^	修改日期	类型	大小			
	Beam		2022/12/24 19:29	文件夹				
	Shell		2022/12/24 19:27	文件夹				
Fssi FssiCAS	Truss		2022/12/24 19:27	文件夹				
File UserDe						s Note		×
Copen 🔁	4				>	Sa Sa	we or Not?	
Rew								
Save	X1+ X : ITUSS			选择文件夹	取消	<u>Y</u> es	<u>N</u> o	Close

图 14-2 在 FssiCAS 软件中新建和保存一个项目的过程图

14.1.1.2导入网格

用户点击在前处理界面上 Model 树状菜单栏中的 Load Mesh,在弹出 Choose GIDmesh File 窗口中,选择从 Gid 软件中导出的网格文件,双击或点击打开按钮,可导入几何模型的网格,如图 14-3 所示。

在弹出的 Load Mesh 窗口中设置固体单元类型和流体单元阶次,在本案例中固体单元采用 Truss 桁架单元,不设置流体单元阶次(即没有流体存在),点击 OK,如图 14-4 所示。在工作区 中显示几何模型如图 14-5 所示。

Model Results		Soil-Structures	PostProcess					
PreProcess	👫 Choose Gid	lesh File						×
Gid Abaqus	$\leftarrow \rightarrow \checkmark \uparrow$	📙 « 014 > Case14	Structural Elements	> Truss ~ ひ	搜索"Truss"			م
	组织▼ 新建	文件夹				• •		?
- Ansys □- ♥ LoadBackground	🎐 此电脑	^ 名称	^	修改日期	类型		大小	
- 🗞 Outer Boundary	🧊 3D 对象	Results		2022/4/29 19:04	文件夹			
Inner Boundary	- 视频	📕 Temp		2022/4/29 19:04	文件夹			
Boundary Conditions		Truss		2021/7/30 21:03	文件			1 KB
Loads HydroDynamics A No Hydro Stokes Wave CFD AreoDynamics Fluctuating Wind	□ 文档 ● 下载 → 音乐 ■ 桌面 ■ OS (C:)	F _{SS} ⁱ Truss.fssi		2022/4/18 21:04	FSSICAS			0 KB
⊢FAST ⊟- Earthquake - No Earthquake	🛌 mm (D:)	< <						>
 Sinusoidal Function Earthquake Library National Standard UserDefined 		又件名(N): Truss	5		All Files(*) 打开(O)		取消	×

图 14-3 导入几何模型的网格文件



Fss:



14.1.1.3设置边界条件

需要将几何模型的边界条件设置为:将模型左侧和右侧角点设置为 xy 方向位移固定,同时 在结构顶部相应位置分别施加大小为 1kN 和 2kN 的集中荷载。

点击工具栏中图标☑,进入边界选择模式,如图 14-6 所示;

点击工具栏中图标Ⅲ,进入节点选择模式,如图 14-7 所示;

点击键盘'R'键,开始选择。



在工作区中拖动鼠标框选模型左侧和右侧角点,点击选择后被选择节点出现高亮,点击鼠标 右键,在显示边界条件下拉菜单中选择 Displacement—Apply,在弹出对话框中施加 xy 方向位移 固定,点击 OK,如图 14-8 所示;

在工作区中拖动鼠标框选模型顶部施加集中荷载节点,点击选择后被选择节点出现高亮,点击鼠标右键,在显示边界条件下拉菜单中选择 Force—Apply,在弹出对话框中输入数值施加竖向集中力,集中力正负号与坐标同号,点击 OK,如图 14-9 所示;

再次点击键盘'R'键,可结束选择。



Soundary App	ly ×						
BC Name: BC-1							
Constant							
Constant Disp	lacement						
🗹 X Dof	0						
V Dof	0						
Time Depender	nt						
O Time History	Displacement File						
🖂 X Dof							
	Load File						
Y Dof	Load File						
	ОК						

图 14-8 框选模型左右侧角点并设置为 xy 方向位移固定



图 14-9 框选模型顶部节点并添加竖向集中力

在右侧的伸缩区中勾选 Show Boundary Condition,可以显示案例添加的边界条件,检查是否 正确添加边界条件,如图 14-10 所示。

F ssi	

Boundary All	Boundary
Show Boundary Co	ndition
Zoom Factor	1
Show Monitoring P	oints

图 14-10 在右侧的伸缩区中勾选 Show Boundary Condition 以展示案例添加的边界条件

14.1.1.4设置材料参数与本构模型

用户点击在前处理界面上 Model 树状菜单栏中的 Material, 分别设置多种材料的属性参数。 针对壳单元材料,在工作区中用鼠标左键点击本构模型,在弹出的窗口中选择 Elastic_Truss 模型, 输入对应的材料属性参数,点击 OK,完成材料属性设置。材料属性和参数设置如图 14-11 所示。

Iaterial Name		Material 1	
Constitutive Model:		Elastic_Truss	
ucceed		No Succeed	
nitial Stress Tensile		Yes	
-Constitutive Model Pa	arameters:		
Young's Modulus (Pa):	2e11		
Poisson's Ratio:	0.3		
Cross-Sectional Area (r	m²): 0.04		
Dampmod Model:		ELASTIC	
Dampmod Model: Young's Modulus (Pa): Poisson's Ratio: Damping Coefficient:	0 0 0 0	ELASTIC	▼
Dampmod Model: Young's Modulus (Pa): Poisson's Ratio: Damping Coefficient: Material Parameters:	0 0 0 0	ELASTIC	
Dampmod Model: Young's Modulus (Pa): Poisson's Ratio: Damping Coefficient: Material Parameters : Solid Particle Bulk Modu	0 0 0 : : ulus (Pa): 1.0E+20	ELASTIC	
Dampmod Model: Young's Modulus (Pa): Poisson's Ratio: Damping Coefficient: Material Parameters : Solid Particle Bulk Modu Granular Density (kg/m ³	0 0 0 : ulus (Pa): 1.0E+20 2700		
Dampmod Model: Young's Modulus (Pa): Poisson's Ratio: Damping Coefficient: Material Parameters : Solid Particle Bulk Modu Granular Density (kg/m ³ Void Ratio:	0 0 0 : : ulus (Pa): 1.0E+20 : : : : : : : : : : : : : : : : : : :		

14.1.1.5设置水动力边界条件

由于本案例不考虑流体节点,不设置水动力边界条件。因此设置耦合方式为非耦合,不考虑 波浪动力,点击 FssiCAS—Preprocess—HydroDynamics—No Hydro,如图 14-12 所示。



14.1.1.6施加重力场

用户点击前处理界面上 Model 树状菜单栏里的 Loads—Field Quantity—Uniform Acceleration Field 施加重力场,如图 14-13 所示。





用户点击前处理界面上 Model 树状菜单栏里的 Solver,在弹出的对话框中设置求解器类型, 求解器设置为 Static (Static 表示与时间无关的最终状态),并进行相关属性参数设置,如图 14-14 所示。

Model Results	Fsi Solver Setup	×
PreProcess LoadMesh	Solver Static V Drained	
Gid	Parameters	_
Abaqus	Rotation Non-Rotation	•
Gmsh	Stiffness Matrix Symmetry No	
\Rightarrow \mathcal{V} LoadBackground	Iterative Convergence Criteria 0.01]
🖁 🖧 Outer Boundary	Maximum Subdivision Number 100	
Materials Material 1	Property Updation Updated	
Boundary Conditions	Analysis Type 2D-Plane Strain	
	Restart File Written Yes	
BC-3	Deformation to 0 in Restart File Yes	
E Loads ■ Solver	Displacement Succeed Yes	
- (-) Time Step	NBFGS 1	•
E- Step 1	Sparse Solver Type Direct Sparse Solver (LU)	
Time History	Parallel Method CPU OpenMP	
	CPU Parallel Threads 4]
FSSI-W	Ok	
The second secon		

图 14-14 设置求解器的相关属性参数

在前处理界面上的 Model 树状菜单栏中的 Solver 中,点击 Time Step,设置求解时间步数为 10×0.1s=1s,时间步长为 0.1s,不更新坐标,不更新刚度矩阵,每步最大迭代 10 次,不输出重 启文件,每 1×0.1s=0.1s 输出分布图结果,每 1×0.1s=0.1s 输出时程结果,不输出高斯点上结果, 如图 14-15 所示;



14.1.1.8添加时程输出

需要输出时程结果的点设置为:模型横向对称轴上的所有节点和单元;

点击工具栏中图标50,进入输出时程选择模式;

点击工具栏中图标,进入节点选择模式;

点击工具栏中图标Ⅲ,进入单元选择模式;

选择横向对称轴,输出各个方向挠度、有效应力、应变、孔隙比 e 等;

在右侧的伸缩区中勾选 Show History Plot 可以显示已经输出时程结果的点或单元;

点击 Preprocess—Time History,可以显示输出的时程结果列表,选择列表中的项,点击右键可以进行删除操作。

14.1.1.9设置初始状态

在前处理界面上 Model 树状菜单栏中,点击 Initial State,设置起始时间为 0s,点击 OK,即

可完成初始状态设置,如图 14-16 所示;

Model Results		
PreProcess □ - # LoadMesh - Gid - Abaqus - HyperMesh - Gmsh - Ansys □ - ♥ LoadBackground	Fst Initial State	
└── 🍪 Outer Boundary ⊡─ Materials └── Material 1		
Boundary Conditions BC-1 BC-2	Solver: Static	
⊢ BC-3 ⊕- Loads ≪ Solver	Type: Generate Initial File	
e-	Set initial state to Zero Yes	
- Computation - FSSI-W - FSSI-NW - FSSI-NW	C)k

图 14-16 设置初始状态

14.1.1.10计算并保存

点击在前处理界面上 Model 树状菜单栏里 Computaton 中的 FSSI-W,保存当前项目,开始计算,计算完成后结果储存在 Project\Results\Soil_Model\Step 1。在退出 FssiCAS 软件时,用户在 弹出的 Note 窗口中点击 Yes,即可退出软件时保存项目。

14.1.2 FssiCAS 图形界面操作——后处理

用户点击树状菜单栏上的 Results,即可进入后处理界面。

14.1.2.1加载文件

点击在后处理界面上 Results 树状菜单栏中的 Open Results File,在弹出的窗口中点击 Soil Result Files Director—Load Files,选择需要处理的结果文件夹,即可进入后处理阶段,如图 14-17 所示。

Model Results	Soil-Structures	PostProcess					
PostProcess	Fssi Load Files	- 🗆 X	Fsi Choose a Soil Results File				×
Load Initial Files Distribution Soil & Structures Displacement	File Type: FssiCAS 🔻		← → ✓ ↑ <mark>]</mark> ≪ new > Tru 组织 ▼ 新建文件夹	ıss → Results → Soil_Model →	ٽ ~	搜索"Soil_Model"	م ا = • • •
Effective Stress Strain Pore Pressure	Data Path:		 3D 対象 名称 細類 	^ 修改日期		类型	大小
- Seepage Velocity - Seepage Force - Void Ratio - Acceleration - Stress Variables - Unique faction Potential - Stress Based - Seepage Based - Seepage Based - Seepage Based - Seepage Pased - Seepage	Load Files R	Contraction of the second seco	■ 0.00% ■ 図片 ■ 文档 ● 下载 ● 百乐 ■ 桌面 ■ OS(C:) ● mm(D:) > < 文件夫: Step	2022/12	/25 13:34	文件夹 选择文件夹	》 取消
		图 14-1	17 打开结果文	件			

14.1.2.2绘制分布图



在工作区中显示选择Displacement Vector ,在工具栏的输入窗口 ,在工具栏的输入窗口 ,在工具栏的输入窗口 , 10 pisplacement Z , 20 pisplacement Z , 2



本案例计算结果分布图如图 14-19 所示:





14.2 梁单元

本节通过展示一个二维简单桁架结构,介绍本软件梁单元的应用及界面基本操作方法。数值 计算模型示意图如图 14-20 所示,结构跨度 18m,高 3m。该计算模型左侧和右侧角点 xy方向位 移固定,转角自由,同时在结构顶部相应位置分别施加大小为 1kN 和 2kN 的集中荷载。模型材料 相关参数如表 2 所示:



图 14-20 计算模型示意图 (单元类型:梁单元)

表っ	植型材料参数	(采田简单的线弹性木构模型)
1× 4		

弹性模量 E (GPa)	泊松比	截面类型	截面参数 b	截面参数 d	截面参数 t	截面参数 h
200	0.3	工字形	0.068	0.0045	0.0076	0.1

14.2.1 FssiCAS 图形界面操作——前处理

14.2.1.1在 FssiCAS 软件中创建工程文件

用户首先在任何路径新建一个文件夹,自定义文件名,比如命名为 Beam;用户点击图标**F**ssi,即可启动 FssiCAS 软件;

在 FssiCAS 软件中,用户点击 File—New,即可新建一个项目;用户点击 File—Save,选择之前新建的文件夹(选择 Truss 文件夹),即可将新建的项目保存在之前新建的文件夹里;当用户点击右上角×(退出软件)时,在弹出的窗口中选择 Yes,可保存当前项目,选择 No 即不保存当前项目,即可将新建的项目保存在之前新建的文件夹里,如图 14-21 所示。

	File Open Popen Save Save Save Save Save Save Save Save	Fig Note There are unsaved iter Yes D	ms, save or not?	
	名称 个	类型		
	📙 Beam	文件夹		
	Shell	文件夹		
File	Truss	文件夹		
🛅 Open			ss Note	×
New	٢		> i Save or Not	?
Save	文件夹: Beam			_
Save as		选择文件夹取消	Yes No	Close

图 14-21 在 FssiCAS 软件中新建和保存一个项目的过程图

14.2.1.2导入网格

用户点击在前处理界面上 Model 树状菜单栏中的 Load Mesh,在弹出 Choose GIDmesh File 窗 口中,选择从 Gid 软件中导出的网格文件,双击或点击打开按钮,可导入几何模型的网格,如图 14-22 所示。

在弹出的 Load Mesh 窗口中设置固体单元类型和流体单元阶次,在本案例中固体单元采用 Beam 梁单元,不设置流体单元阶次(即没有流体存在),点击 OK,如图 14-23 所示。在工作区 中显示几何模型如图 14-24 所示。

Model Results		Soil-Structure	es F	ostProcess]					
PreProcess	Andes	😽 Choose GidM	esh File							×
Gid		$\leftarrow \rightarrow ~ \bullet ~ \uparrow$	《 桌面	\rightarrow Tutorials \rightarrow	Structural Elements > Be	am v	õ	在 Beam 中搜索		P
- Abaqus - HyperMesh	+Жү - Жү	组织 ▼ 新建	文件夹					8==	•	0
Ansys		👆 下载	* ^	名称	^	修改日期		类型	大小	
₽ ♥ LoadBackground		🔮 文档	A	Results		2022/12/23/周五	16:54	文件夹		- 1
line and the second sec		📰 图片	*	Temp		2022/12/23/周五	16:54	文件夹		_
🖉 Inner Boundary		💻 此电脑		Beam.fssi		2022/12/23/周五	16:54	FSSICAS	01	KB
Materials	Fow	🧊 3D 对象		meshias		2022/12/23/同五 2022/12/23/周五	16:19	又件 165 文件	7	KB
	WNEN	■ 视频 ■ 图片 ③ 文档 ◆ 下戦	l							
AreoDynamics		♪ 首朱	- 11							- 1
- Fluctuating Wind		🛄 жын 🦾 Windows	(C:)							- 1
- FAST		Data (D:)								_
Earlinguake Sinusoidal Function Earthquake Library National Standard UserDefined			文件名()	v): mesh			~	All Files(*) 打开(O)	取満	×









图 14-24 几何模型的显示

14.2.1.3设置边界条件

需要将几何模型的边界条件设置为:将模型左侧和右侧角点设置为 xyz 方向位移固定且转角固定,同时在结构项部相应位置分别施加大小为 1kN 和 2kN 的集中荷载。

点击工具栏中图标Ⅳ,进入边界选择模式,如图 14-25 所示; 点击工具栏中图标Ⅲ,进入节点选择模式,如图 14-26 所示; 点击键盘'R'键,开始选择。



图 14-26 Select Node

在工作区中拖动鼠标框选模型左侧和右侧角点,点击选择后被选择节点出现高亮,点击鼠标 右键,在显示边界条件下拉菜单中选择 Displacement—Apply,在弹出对话框中施加 xyz 方向位 移固定,且同时转角固定,点击 OK,如图 14-27 所示;

在工作区中拖动鼠标框选模型顶部施加集中荷载节点,点击选择后被选择节点出现高亮,点击鼠标右键,在显示边界条件下拉菜单中选择 Force—Apply,在弹出对话框中输入数值施加竖向集中力,集中力正负号与坐标同号,点击 OK,如图 14-28 所示;

再次点击键盘'R'键,可结束选择。



图 14-27 框选模型左右侧角点并设置为 xyz 方向位移和转角固定



图 14-28 框选模型顶部节点并添加竖向集中力

在右侧的伸缩区中勾选 Show Boundary Condition,可以显示案例添加的边界条件,检查是否 正确添加边界条件,通过 Zoom Factor,如图 14-29 所示。



图 14-29 在右侧的伸缩区中勾选 Show Boundary Condition 以展示案例添加的边界条件

用户点击在前处理界面上 Model 树状菜单栏中的 Material,分别设置多种材料的属性参数。 针对壳单元材料,在工作区中用鼠标左键点击本构模型,在弹出的窗口中选择 Elastic_Beam 模型, 选择所需的截面类型,输入对应的材料属性参数,点击 OK,完成材料属性设置。材料属性和参数 设置如图 14-30 所示。

^{14.2.1.4}设置材料参数与本构模型

Iaterial Name		Material 1				
Constitutive Model:		Elastic_Beam				
ucceed		No Succeed				
nitial Stress Tensile			Yes			
-Constitutive Model Paramete	ers:					
Young's Modulus (Pa): 2e	11					
Poisson's Ratio: 0.3			↑		1 t	
Cross-Section's Form:		IBeam	•			
			h	8		
b (m): 0.068	d (m):	0.0045				
t (m): 0.0076	h (m):	0.1	¥	———		
— Dampmod Model Parameter	s:					
— Dampmod Model Parameter Dampmod Model:	s:		ELASTIC			
- Dampmod Model Parameter Dampmod Model:	5:		ELASTIC		V	
- Dampmod Model Parameter Dampmod Model: Young's Modulus (Pa): 0	5:		ELASTIC		V	
Dampmod Model Parameter Dampmod Model: Young's Modulus (Pa): Poisson's Ratio:	5:		ELASTIC			
- Dampmod Model Parameter Dampmod Model: Young's Modulus (Pa): 0 Poisson's Ratio: 0 Damping Coefficient: 0	S:		ELASTIC			
Dampmod Model Parameter Dampmod Model: Young's Modulus (Pa): Poisson's Ratio: Damping Coefficient: 0	S:		ELASTIC			
Dampmod Model Parameter Dampmod Model: Young's Modulus (Pa): Poisson's Ratio: Damping Coefficient: 0 Material Parameters:	5:		ELASTIC			
Dampmod Model Parameter Dampmod Model: Young's Modulus (Pa): Poisson's Ratio: Damping Coefficient: Material Parameters: Solid Particle Bulk Modulus (Pa):	s:		ELASTIC			
Dampmod Model Parameter Dampmod Model: Young's Modulus (Pa): Poisson's Ratio: Damping Coefficient: O Material Parameters: Solid Particle Bulk Modulus (Pa): Granular Density (kg/m³):	s: 1.0E+20 7850		ELASTIC			
Dampmod Model Parameter Dampmod Model: Young's Modulus (Pa): 0 Poisson's Ratio: 0 Damping Coefficient: 0 Material Parameters: Solid Particle Bulk Modulus (Pa): Granular Density (kg/m ³): Void Ratio:	s: 1.0E+20 7850 1e-4		ELASTIC			
Dampmod Model Parameter Dampmod Model: Young's Modulus (Pa): Poisson's Ratio: Damping Coefficient: O Material Parameters: Solid Particle Bulk Modulus (Pa): Granular Density (kg/m³): Void Ratio: Parameters under the Expert	s: 1.0E+20 7850 1e-4 imental Envir		ELASTIC			
Dampmod Model Parameter Dampmod Model: Young's Modulus (Pa): Poisson's Ratio: Damping Coefficient: O Material Parameters: Solid Particle Bulk Modulus (Pa): Granular Density (kg/m ³): Void Ratio: Parameters under the Expert Gravity (m/s ²):	s:		ELASTIC			

图 14-30 设置材料的相关属性参数

14.2.1.5设置梁截面摆放方向

在三维模型中的梁单元可设置截面摆放方向。首先需要导入网格的 iges 文件。



图 14-31 导入 IGES 文件

导入 IGES 边界文件后,通过工具栏图标 汇激活选择模式,键盘按"R",开始框选需要调整摆放方向的单元,框选完成后点击右键点击 Section Assignment 进入摆放方向设置窗口。



摆放方向的设置方法包括三种: (1) Relative Rotation



导入网格时,每个梁单元会随机生成一个初始方向,Relative Rotation 的旋转角度是基于该初始 方向计算的,并不是当前摆放方向。



旋转示意图或直接输入旋转角度,点击 Ok,完成截面摆放方向设置。(2) y' Direction Cosine

Position Assign	ment	×
y' Direction C	osine 🔻	
T	cos x: cos y: cos z:	
		Ok

通过直接输入标准截面竖直向上方向 y'与坐标轴三个夹角的 Cosine 值,设置的方向须与单元轴线垂直,点击 Ok,完成截面摆放方向设置。

(3) y' Vector

ss Position Assignment			×
y' Vector 💌			
Start Point: End Point:	X	Y	Z
			Ok

输入标准截面竖直向上方向 y'的方向向量,设置的方向须与单元轴线垂直,点击 Ok,完成

截面摆放方向设置。

设置完成后,勾选侧边收缩栏中 Show Structural Elements' Section,显示截面。

14.2.1.6设置水动力边界条件

由于本案例不考虑流体节点,不设置水动力边界条件。因此设置耦合方式为非耦合,不考虑 波浪动力,点击 FssiCAS—Preprocess—Hydrodynamics—No Coupled,如图 14-34 所示。



14.2.1.7设置重力场



点击 Uniform Acceleration Field, 输入重力加速度场, 点击 Ok, 设置完成。

用户点击前处理界面上 Model 树状菜单栏里的 Solver,在弹出的对话框中设置求解器类型,求 解器设置为 Static (Static 表示与时间无关的最终状态),并进行相关属性参数设置,如图 14-36 所示。

Model Results		
PreProcess	Solver St.	atic 🔻 Drained 🔻
E HoadMesh	Parameters	
Gid	Rotation	Non-Rotation
ー Abaqus	Stiffness Matrix Symmetry	No
Souter Boundary	Iterative Convergence Criteria	0.01
➡ ≈ Hydrodynamics	Maximum Subdivision Number	100
- 🛪 No Coupled	Property Updation	Non-Updated 🔻
Stokes Wave	Analysis Type	3D 🔻
⊡ & Material	Restart File Written	Yes 🔻
Material 1	Deformation to 0 in Restart File	Yes 🔻
🖏 Solver	Displacement Succeed	Yes
Generation Step	NBFGS	1
Sub_Step 1	Sparse Solver Type	Direct Sparse Solver (LU)
Time History	Parallel Method	CPU OpenMP 🔻
🗝 Initial State	CPU Parallel Threads	8
Computation FSSI-W FSSI-NW		Ok

图 14-36 设置求解器的相关属性参数

在前处理界面上的 Model 树状菜单栏中的 Solver 中,点击 Time Step,设置求解时间步数为 10×0.1s=1s,时间步长为 0.1s,不更新坐标,不更新刚度矩阵,每步最大迭代 10 次,不输出重 启文件,每 1×0.1s=0.1s 输出分布图结果,每 1×0.1s=0.1s 输出时程结果,输出高斯点上结果,如 图 14-37 所示;



图 14-37 设置时间步和相关属性参数

14.2.1.9添加时程输出

需要输出时程结果的点设置为:模型横向对称轴上的所有节点和单元;

点击工具栏中图标:, 进入输出时程选择模式;

点击工具栏中图标,进入节点选择模式;

点击工具栏中图标Ⅲ,进入单元选择模式;

选择横向对称轴,输出各个方向挠度、有效应力、应变、孔隙比 e 等;

在右侧的伸缩区中勾选 Show History Plot 可以显示已经输出时程结果的点或单元;

点击 Preprocess—Time History,可以显示输出的时程结果列表,选择列表中的项,点击右键可以进行删除操作。

14.2.1.10设置初始状态

在前处理界面上 Model 树状菜单栏中, 点击 Initial State, 选择 Generate Initial File, 点击 OK,

即可完成初始状态设置,如图 14-38 所示;

Model Results	F₃§ Initial State ≻
PreProcess	Solver: Static Type: Generate Initial File Set initial state to Zero Yes
Initial State	Ok

图 14-38 设置初始状态

14.2.1.11计算并保存

点击在前处理界面上 Model 树状菜单栏里 Computaton 中的 FSSI-W,保存当前项目,开始计算,计算完成后结果储存在 Project\Results\Soil_Model\Step 1。在退出 FssiCAS 软件时,用户在 弹出的 Note 窗口中点击 Yes,即可退出软件时保存项目。

14.2.2 FssiCAS 图形界面操作——后处理

用户点击树状菜单栏上的 Results,即可进入后处理界面。

14.2.2.1加载文件

点击在后处理界面上 Results 树状菜单栏中的 Open Results File,在弹出的窗口中点击 Soil Result Files Director—Load Files,选择需要处理的结果文件夹,即可进入后处理阶段,如图 14-39 所示。

Model Results		Soil-Structures	PostProcess	
Model Results PostProcess Copen Result Files Load Initial Files Colored Control Contro	File Type:	Soil-Structures FssiCAS	PostProcess –	Remove
 Acceleration State Variables Liquefaction Potential Stress Based 	图 14-39 打开约	与果文件		Ok

14.2.2.2绘制分布图



在工作区中显示选择Displacement Vector ,在工具栏的输入窗口Full VDisplacement Z VO1 处输入时间步,按键盘上的"回车键",即可在工作区中显示该时间步的 z 方向位移 uz 分布图,如图 14-10 所示。点击在后处理界面上 Results 树状菜单栏中的 Structural Element,可选择查看梁单元 节点弯矩转角分布云图。点击右侧伸缩区 Display Option 下拉菜单,勾选 Distribution,可选择查 看梁单元高斯点上的弯矩转角以及轴力分布图。





(a) x 方向位移



(b) z 方向位移



(c) x 方向应力



(d) z 方向应力



(f) 绕 y 轴弯矩 My



(h) 绕 y 轴转角θy

图 14-41 计算结果分布云图

本节通过展示一个三维壳单元案例,介绍本软件壳单元的应用及界面基本操作方法。数值计 算模型示意图如图 14-42 所示,为薄板结构,板长 2m,宽 1m,厚 0.0363m。该计算模型左侧固 支右侧自由,在薄板结构右半部分施加大小为12kPa的分布压力荷载。材料相关参数如表 3 所示:



图 14-42 计算模型示意图

表3 模型材料参数(采用简单的线弹性本构模型)

弹性模量 E (GPa)	泊松比	厚度 t (m)
200	0.3	0.0363

14.3.1 FssiCAS 图形界面操作——前处理

14.3.1.1在 FssiCAS 软件中创建工程文件

用户首先在任何路径新建一个文件夹,自定义文件名,比如命名为 Shell;用户点击图标**F**ssi,即可启动 FssiCAS 软件;

在 FssiCAS 软件中,用户点击 File—New,即可新建一个项目;用户点击 File—Save,选择之前新建的文件夹(选择 Shell 文件夹),即可将新建的项目保存在之前新建的文件夹里;当用户点击右上角×(退出软件)时,在弹出的窗口中选择 Yes,可保存当前项目,选择 No 即不保存当前项目,即可将新建的项目保存在之前新建的文件夹里,如图 14-43 所示。

		Fisi FssiCAS				
		File UserDe	ss Note		×	
		🛅 Open	The	re are unsaved ite	ms, save or not?	
		🔠 New				
		Save	<u>Y</u> es	<u>N</u> o	Close	
	名称	修改日期	类型	大小		
	📕 Beam	2022/12/24 19:	29 文件夹			
	Shell	2022/12/24 19:	27 文件夹			
File UserDe	Truss	2022/12/25 13:	34 文件夹	>	Fssi Note Save or l	× Not?
Rew	文件夹: Shell		选择文件夹		Yes	<u>N</u> o Close

图 14-43 在 FssiCAS 软件中新建和保存一个项目的过程图

14.3.1.2导入网格

用户点击在前处理界面上 Model 树状菜单栏中的 Load Mesh,在弹出 Choose GIDmesh File 窗 口中,选择从 Gid 软件中导出的网格文件,双击或点击打开按钮,可导入几何模型的网格,如图 14-44 所示。

在弹出的 Load Mesh 窗口中设置固体单元类型和流体单元阶次,在本案例中固体单元采用 DKQ 四节点一阶壳单元,不设置流体单元阶次,因此,固体节点数设置为4,流体节点阶次设置 为0(即没有流体存在),点击 OK,如图 14-45 所示。在工作区中显示几何模型如图 14-46 所示。

Model Results		Soil-Structures	PostProcess			
PreProcess	👫 🖍 Choose GidM	esh File				×
Gid Abaqus	$\leftarrow \ \rightarrow \ \star \ \uparrow$	📙 « 014 > Case14	Structural Elements	> Shell > v じ	搜索"Shell"	م
— HyperMesh — Gmsh	组织▼ 新建	文件夹			1	- 1
→ Ansys □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □	🧊 3D 对象	^ 名称	^	修改日期	类型	大小
💫 Outer Boundary	📑 视频	Results		2022/4/29 19:04	文件夹	
Materials	▶ 图片	📕 Temp		2022/4/29 19:04	文件夹	
Boundary Conditions	🖆 文档	Shell		2021/6/26 15:56	文件	16 KB
E Loads	🕹 下载	Shell.fssi		2022/4/18 17:02	FSSICAS	0 KB
⊟− HydroDynamics − ≈ No Hydro	♪ 音乐	A Shell.igs		2021/6/26 15:56	IGS 文件	9 KB
Stokes Wave	💻 桌面					
CFD AreoDynamics	💺 OS (C:)					
Fluctuating Wind	🥪 mm (D:)	~ <				>
└─ FAST ⊡─ Earthquake └─ No Earthquake		文件名(N): Shell		~	All Files (*)	~
 — Sinusoidal Function — Earthquake Library 					打开(O)	取消

图 14-44 导入几何模型的网格文件

S Load Mes	h		?	×
	Solid Node	Element Type	Fluid Order	
Material-1	4	DKQ Shell	0	
			Ok	

图 14-45 设置固体单元类型和流体单元阶次



图 14-46 几何模型的显示

14.3.1.3导入背景线

加载几何模型的背景线,是为了后续施加边界条件、区分材料以及设置输出时程结果的线。 在 Model 树状菜单栏中的 Load Background 中,用户点击 Outer Boundary,在弹出的 Outer Boundary 窗口中点击 Choose File,选择从 Gid 或 Solidworks 等建模软件中导出的背景线.igs 文件, 点击打开,关闭弹出的 Outer Boundary 窗口,可导入几何模型的背景线,如图 14-47 所示。在工 作区中显示几何模型的背景线,如图 14-48 所示。

Model Results		Soil-Structures	PostProcess					
PreProcess	Fss Choose Iges F	ile						×
Gid Abaqus	$\leftarrow \rightarrow \checkmark \uparrow$	📜 « 014 > Case14	Structural Elements	> Shell ~	Ö	搜索"Shell"		Q
— HyperMesh — Gmsh	组织▼ 新建	文件夹					· 🔟	?
- Ansys □- ✔ LoadBackground	🧊 3D 对象	^ 名称	^	修改日期		类型	大小	
🖓 Outer Boundary	📑 视频	Results		2022/4/29 19:	04	文件夹		
Inner Boundary Material 1	▶ 图片	📕 Temp		2022/4/29 19:	04	文件夹		
Materials	🖹 文档	A Shell.igs		2021/6/26 15:	56	IGS 文件		9 KB
Material 1	🖊 下载							
E- Boundary Conditions	♪ 音乐							
⊡ HydroDynamics	📃 桌面							
Stokes Wave	💺 OS (C:)							
TED CFD	🥪 mm (D:)	~ <						>
 □ AreoDynamics □ Fluctuating Wind □ FAST □ Earthquake 		文件名(N): Shell	.igs		~	Bound(*.igs *.iges) 打开(O)	取消	~
No Earthquake								





图 14-48 显示几何模型的背景线

14.3.1.4设置边界条件

需要将几何模型的边界条件设置为:将模型左侧设置为 xyz 方向位移固定,同时转角固定; 在模型右半部分表面施加大小为 12kPa 的分布压力。

点击工具栏中图标☑,进入边界选择模式,如图 14-49 所示; 点击工具栏中图标☑,进入背景面选择模式,如图 14-50 所示; 点击键盘'R'键,开始选择。



在工作区中拖动鼠标框选模型右半部分表面,点击鼠标右键,在显示边界条件下拉菜单中,选择 Distribution Pressure—Apply,如图 14-51 所示;

在弹出的对话框中施加分布力边界条件,正值为压力,负值为拉力,输入具体数值,点击 OK,如图 14-52 所示; 再次点击键盘'R'键,可结束选择。

•	Displacement
•	Pore Pressure
•	Force
•	Flux
🕨 😳 App	Distribution Pressure
•	Fluctuating Wind Pressure
•	Flow Velocity
•	Hydrodynamic
•	UserDefined
+	Periodic Condition

图 14-51 框选模型右半部分表面并选择施加分布力荷载

Fssi Boundary Apply X
BC Name: BC-1
Constant
Constant Distributed Pressure
Value 12000
~
Load File
Time History Distributed Pressure File
Value 🔍 ^
Load File
~
Ok

图 14-52 施加分布力荷载

点击工具栏中图标☑,进入边界选择模式; 点击工具栏中图标Ⅲ,进入节点选择模式; 点击键盘'R'键,开始选择; 在工作区中拖动鼠标框选模型左侧边界所有节点,点击选择后被选择节点出现高亮,点击鼠标右键,在显示边界条件下拉菜单中选择 Displacement—Apply,在弹出对话框中施加 xyz 方向位移固定,同时三个方向转角固定,点击 OK,如图 14-53 所示;

再次点击键盘'R'键,可结束选择。



在右侧的伸缩区中勾选 Show Boundary Condition,可以显示案例添加的边界条件,检查是否 正确添加边界条件,如图 14-54 所示。



图 14-54 在右侧的伸缩区中勾选 Show Boundary Condition 以展示案例添加的边界条件

14.3.1.5设置材料参数与本构模型

用户点击在前处理界面上 Model 树状菜单栏中的 Material, 分别设置多种材料的属性参数。

针对壳单元材料,在工作区中用鼠标左键点击本构模型,在弹出的窗口中选择 Elastic_Shell 模型, 输入对应的材料属性参数,点击 OK,完成材料属性设置。材料属性和参数设置如图 14-55 所示。

Material Name		Material 1	
Constitutive Model:		Elastic_Shell	
Succeed		No Succeed	
nitial Stress Tensile		Yes	
-Constitutive Model P	arameters:		
Young's Modulus (Pa):	2e11		
Poisson's Ratio :	0.3		
Thickness:	0.0363		
Dampmod Model Pa	rameters:		
Dampmod Model:		ELASTIC	•
Dampmod Model: Young's Modulus (Pa):	0	ELASTIC	▼
Dampmod Model: Young's Modulus (Pa): Poisson's Ratio:	0	ELASTIC	
Dampmod Model: Young's Modulus (Pa): Poisson's Ratio: Damping Coefficient:	0	ELASTIC	
Dampmod Model: Young's Modulus (Pa): Poisson's Ratio: Damping Coefficient:	0 0 0 0	ELASTIC	
Dampmod Model: Young's Modulus (Pa): Poisson's Ratio: Damping Coefficient:	0 0 0 0	ELASTIC	
Dampmod Model: Young's Modulus (Pa): Poisson's Ratio: Damping Coefficient: Material Parameters		ELASTIC	
Dampmod Model: Young's Modulus (Pa): Poisson's Ratio: Damping Coefficient: Material Parameters Solid Particle Bulk Mode	0 0 0 :: ulus (Pa): 1.0E+20	ELASTIC	
Dampmod Model: Young's Modulus (Pa): Poisson's Ratio: Damping Coefficient: Material Parameters Solid Particle Bulk Modu Granular Density (kg/m ³	0 0 0 : ulus (Pa): 1.0E+20 ⁵): 2700		
Dampmod Model: Young's Modulus (Pa): Poisson's Ratio: Damping Coefficient: Material Parameters Solid Particle Bulk Modu Granular Density (kg/m ³ Void Ratio:	0 0 0 : ulus (Pa): 1.0E+20 3): 2700 1e-4		

图 14-55 设置材料的相关属性参数

14.3.1.6设置水动力边界条件

由于本案例不考虑流体节点,不设置水动力边界条件。因此设置耦合方式为非耦合,不考虑 波浪动力,点击 FssiCAS—Preprocess—HydroDynamics—No Hydro,如图 14-56 所示。



14.3.1.7施加重力场

用户点击前处理界面上 Model 树状菜单栏里的 Loads—Field Quantity—Uniform Acceleration Field 施加重力场,如图 14-57 所示。



图 14-57 施加重力场

用户点击前处理界面上 Model 树状菜单栏里的 Solver,在弹出的对话框中设置求解器类型, 求解器设置为 Static (Static 表示与时间无关的最终状态),并进行相关属性参数设置,如图 14-58 所示。

Model Posults	Solver Setup				×	
PreProcess	Solver	Stat	tic	Drain	ed 🔻	
E HoadMesh	- Parameters					
Gid Abaqus	Rotation	(No	•		
	Stiffness Matrix Symme	etry (•		
Ansys	Iterative Convergence (Criteria	0.01			
Env V LoadBackground	Maximum Subdivision	Number [100			
Inner Boundary Material 1	Property Updation	(•		
P Materials	Analysis Type	(•		
Material 1 Boundary Conditions BC-1 BC-2	Restart File Written	(
	Deformation to 0 in Re					
	Displacement Succeed		•			
<mark>៚ Solver</mark> ⊡-	NBFGS	(
	Sparse Solver Type	(Direct S	.U) 🔻		
Sub_Step 1	Parallel Method	(CP	V OpenMP		
Initial State	CPU Parallel Threads	[4			
FSSI-W					Ok	

图 14-58 设置求解器的相关属性参数

在前处理界面上的 Model 树状菜单栏中的 Solver 中,点击 Time Step,设置求解时间步数为 10×0.1s=1s,时间步长为 0.1s,不更新坐标,不更新刚度矩阵,每步最大迭代 10 次,不输出重 启文件,每 1×0.1s=0.1s 输出分布图结果,每 1×0.1s=0.1s 输出时程结果,输出高斯点上结果,如 图 14-59 所示;



图 14-59 设置时间步和相关属性参数

14.3.1.9添加时程输出

需要输出时程结果的点设置为:模型横向对称轴上的所有节点和单元;

点击工具栏中图标50,进入输出时程选择模式;

点击工具栏中图标册, 进入节点选择模式:

点击工具栏中图标 Ⅲ, 进入单元选择模式:

选择横向对称轴,输出各个方向挠度、有效应力、应变、孔隙比 e 等;

在右侧的伸缩区中勾选 Show History Plot 可以显示已经输出时程结果的点或单元;

点击 Preprocess—Time History,可以显示输出的时程结果列表,选择列表中的项,点击右键 可以讲行删除操作。

14.3.1.10设置初始状态

在前处理界面上 Model 树状菜单栏中,点击 Initial State,设置起始时间为 0s,点击 OK,即

可完成初始状态设置,如图 14-60 所示;

Model Results	
PreProcess Gid Gid Abaqus HyperMesh Gmsh Ansys To Load Packaround	•
S Course Course Courses	Fssi Initial State X
□ □ Inner Boundary □ Material 1 □ Material 1 □ Boundary Conditions □ BC-1 □ BC-2 □ Loads □ ○ Time Step □ Sub_Step 1 □ Sub_Step 1 □ ○ Time History □ ○ □ Time History	Solver: Static Type: Generate Initial File Set initial state to Zero Yes
Computation	Ok

图 14-60 设置初始状态

14.3.1.11计算并保存

点击在前处理界面上 Model 树状菜单栏里 Computaton 中的 FSSI-W,保存当前项目,开始计算,计算完成后结果储存在 Project\Results\Soil_Model\Step 1。在退出 FssiCAS 软件时,用户在弹出的 Note 窗口中点击 Yes,即可退出软件时保存项目。

14.3.2 FssiCAS 图形界面操作——后处理

用户点击树状菜单栏上的 Results,即可进入后处理界面。

14.3.2.1加载文件

点击在后处理界面上 Results 树状菜单栏中的 Open Results File,在弹出的窗口中点击 Soil Result Files Director—Load Files,选择需要处理的结果文件夹,即可进入后处理阶段,如图 14-61 所示。

Model Results		Soil-Structures	PostProcess							
PostProcess Open Result Files	Fisi Load Files		- 🗆 🗙	Fssi Choose a Soil Resu	lts File					×
Load Initial Files Distribution File Ty	File Type:	FssiCAS 🔍		$\leftarrow \rightarrow \land \uparrow$	≤ 014 > new > Shell > R	Results > Soil_Model	v Ŭ	搜索*Soil_Model		ρ
Displacement		Data Path:		组织▼ 新建文件夹					0	
Effective Stress Data Path Strain Pore Pressure Seepage Velocity Seepage Force Void Ratio Acceleration State Variables	Data Path:			3D 对象 ^	名称	修改日期		类型	大小	
		Load Files Reload Remove	- 视频	III 视频 📕 Step 1	2022/12,	2022/12/25 14:24				
			■ 图片							
		Ok								
Stress Based										
Pore Pressure Based Seepage Based				S (C:)						
Structural Element				🗸 mm (D:) 🗸	<					>
OpenFOXim DualSPHysics Pressure Velocity	=			tr/4-tr. Stop 1					51	
			文件夹: step 1					- 1		
Idp		×						选择文件夹	取消	
ruent						-				
			图 14-6	1 打廾结界	民义件					

14.3.2.2绘制分布图





本案例计算结果分布图如图 14-63 所示:



(a) z 方向位移





(c) M_y





(e) θ_y 图 14-63 计算结果分布云图