



盈建科软件
YJK Building Software

隔震结构设计分析

余泽云 2024年9月

目录

CONTENT

01

隔震设计背景

02

隔震方案

03

工程概况

04

分析模型和设计计算参数

05

Y-GAMA隔震支座选型布置

06

YJK设防地震CCQC验算结果

07

YJK弹性时程补充分析

08

EP弹塑性分析参数设置

09

EP弹塑性分析结果



01 隔震设计背景



1.1 法律法规

《建设工程抗震管理条例》(国令第744号)第十六条规定:

建筑工程根据使用功能以及在抗震救灾中的作用等因素,分为特殊设防类、重点设防类、标准设防类和适度设防类。学校、幼儿园、医院、养老机构、儿童福利机构、应急指挥中心、应急避难场所、广播电视等建筑,应当按照不低于重点设防类的要求采取抗震设防措施。

位于高烈度设防地区、地震重点监视防御区的新建学校、幼儿园、医院、养老机构、儿童福利机构、应急指挥中心、应急避难场所、广播电视等建筑应当按照国家有关规定采用隔震减震等技术,保证发生本区域设防地震时能够满足正常使用要求。

国家鼓励在除前款规定以外的建设工程中采用隔震减震等技术,提高抗震性能。

为积极响应《建设工程抗震管理条例》(国令第744号)的要求,通过从结构安全性、经济性等方面综合考虑,该项目最终选用隔震技术以提高结构的抗震性能,赋予结构更高的安全保障。



1.2 规范标准

国家标准《建筑隔震设计标准》GB/T 51408-2021（以下简称《隔标》）

第1.0.3条规定：除特殊规定外，隔震建筑的基本设防目标是：当遭受相当于本地区基本烈度的设防地震时，主体结构基本不受损坏或不需修理即可继续使用；当遭受罕遇地震时，结构可能发生损坏，经修复后可继续使用；特殊设防类建筑遭受极罕遇地震时，不致倒塌或发生危及生命的严重破坏（中震不坏、大震可修、巨震不倒）。

第1.0.4条规定：隔震建筑的结构构件、非结构构件和附属设备的使用功能有专门要求时，除应符合基本设防目标外，尚应符合结构构件、非结构构件和附属设备的抗震性能标准的规定。



1.3 设计依据

本项目主要参考的国家现行设计规范、标准，规程及图集有：

- (1) 《工程结构通用规范》GB55001-2021；
- (2) 《建筑与市政工程抗震通用规范》GB55002-2021；
- (3) 《建设工程抗震管理条例》（国令第744号）；
- (4) 《钢结构设计标准》GB 50017-2017；
- (5) 《建筑抗震设防分类标准》GB50223—2008；
- (6) 《建筑结构荷载规范》GB50009—2012；
- (7) 《建筑结构可靠性设计统一标准》GB50068—2018；
- (8) 《建筑抗震设计规范》GB 50011—2010（2016版）；
- (9) 《叠层橡胶支座隔震技术规程》CECS126: 2001；
- (10) 《混凝土结构设计规范》GB50010—2010（2015版）；
- (11) 《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ3—2010；
- (12) 《建筑地基基础设计规范》GB50007—2011；
- (13) 《建筑结构隔震构造详图》03SG610—1；
- (14) 《建筑工程叠层橡胶隔震支座性能要求和检验标准》DBJ53/T-47-2020；
- (15) 《建筑工程叠层橡胶隔震支座施工及验收标准》DBJ53/T-48-2020；
- (16) 《建筑隔震工程专用标识技术规程》DB53/T-70-2015；
- (17) 《建筑隔震设计标准》GB/T 51408-2021；
- (18) 《建筑隔震构造详图》滇20G9-1；



1.4 设计原则

在选择隔震支座直径、个数和平面布置时，本项目主要考虑了以下因素：

- (1) 根据《隔标》第4.6.2-4条，隔震层刚度中心与质量中心宜重合，设防烈度地震作用下**偏心率**不宜大于3%。
- (2) 根据《隔标》4.6.3-1条，同一隔震层内各个橡胶隔震支座的竖向压应力宜均匀，在**重力荷载代表值**作用下各支座的**竖向压应力**不应超过乙类建筑的限值12MPa。
- (3) 根据《隔标》第4.6.8条，由隔震层抗风装置和隔震支座屈服力设计值共同构成的**隔震层抗风承载力**设计值应不小于风荷载作用下隔震层水平剪力标准值的1.5倍。
- (4) 根据《隔标》第4.6.9-2条规定，隔震结构应进行罕遇地震作用下的**抗倾覆验算**，由上部结构重力代表值计算的抗倾覆力矩与罕遇地震下倾覆力矩之比不应小于1.1。
- (5) 根据《隔标》6.2.1-1条，在**罕遇地震**作用下，橡胶隔震支座的**最大竖向压应力**不应超过乙类建筑的限值25MPa。
- (6) 根据《隔标》6.2.1-2条，在**罕遇地震**作用下，橡胶隔震支座的**竖向拉应力**不应超过乙类建筑的限值1MPa。
- (7) 根据《隔标》第4.6.6-1条，**罕遇地震**作用下，隔震支座考虑扭转的**水平位移**应不大于支座直径的0.55倍和各层橡胶厚度之和的3倍二者的较小值。
- (8) 隔震层必需具备足够的屈服前刚度，以满足**水平恢复力**要求。



02 隔震方案



2.1 隔震目标和性能目标

隔震目标			
结构类别	项目	限值	
钢筋砼框架结构	层间位移角	设防地震	1/400
		罕遇地震	1/100
性能目标			
名称	项目	性能目标	设计方法
上部结构	结构构件	设防地震	工况组合采用考虑有关系数的设计组合, 材料强度根据构件类型的不同采用设计值或标准值。结构为基本弹性状态。
隔震层	隔震支座	罕遇地震	满足支座拉、压强度, 隔震层位移、偏心要求
下部结构	结构构件	罕遇地震	隔震层支墩、支柱及相连构件应采用在罕遇地震作用下隔震支座底部的竖向力、水平力和弯矩进行承载力验算, 且应按抗剪弹性抗弯不屈服考虑



2.2 设计内容主要包括：

(1) 确定YJK软件中结构的隔震目标（非隔震模型降低1度初步试算，然后布置隔震支座计算调整，且使底部剪力比小于0.5），确定隔震支座参数和数量；

(2) 计算隔震结构在设防地震作用下的结构响应、隔震层偏心率以及隔震支座的正常使用面压等内容；

(3) 进行设防地震作用下的弹性时程补充分析，复核性能指标，如时程楼层剪力大于反应谱结果，需返填楼层剪力放大系数；

(4) 进行罕遇地震作用下的弹塑性时程分析，验算上部结构响应、隔震层位移和偏心，以及隔震支座拉压应力。最后完成与隔震支座相连的连接构件和结构构件的设计。

计算程序	主要计算内容		
YJK	复阵型反应谱分析（CCQC）	弹性时程分析	弹塑性时程分析
SAP2000	反应谱分析（补充复核）		弹塑性时程分析



2.3 隔震结构性能目标分类

性能目标分类	构件名称
关键构件	隔震层框架梁、隔震层上支墩、下支墩；底部加强部位的剪力墙，转换梁、转换柱；底盘中直接支撑隔震塔楼的结构及相邻一跨的相关构件等
普通竖向构件	关键构件外的框架柱、非底部加强部位的剪力墙
重要水平构件	关键构件外对结构整体性有较大影响的水平构件、承受较大集中荷载的楼面梁（框架梁、抗震墙连梁）、承受竖向地震的悬臂梁等
普通水平构件	一般的框架梁、抗震墙连梁



03 工程概况



3.1 工程概况

本工程位于XXX，抗震设防烈度8度，设计基本地震加速度峰值为0.20g，设计地震分组第三组，II类场地，场地特征周期0.45s。采用钢筋混凝土框架结构体系，楼层数为5层，建筑结构高度19.80m，宽13.17m，高宽比1.50，建筑面积3893平米。属于重点设防类，乙类建筑。根据地勘报告及边坡计算依据，本项目近场效应放大系数1.15，边坡效应放大系数1.40。

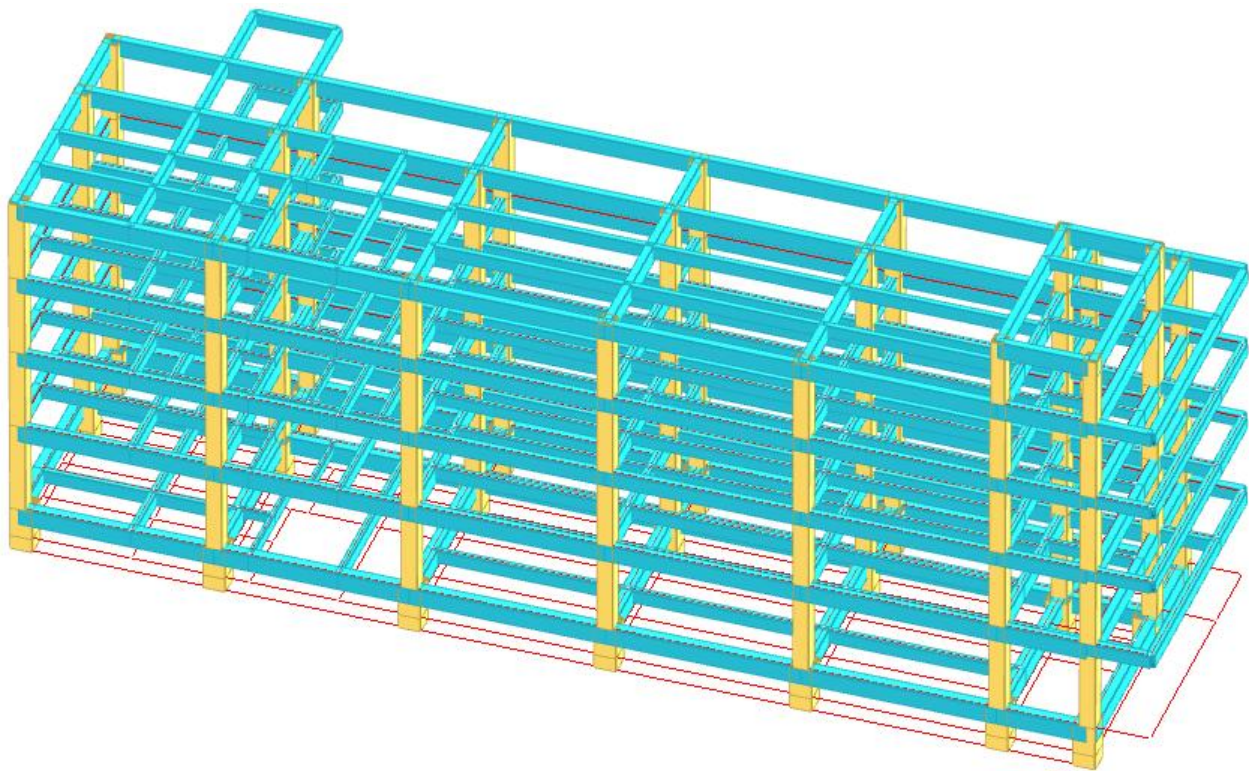


04 分析模型和设计计算参数



4.1分析模型建立

在YJK软件中首先建立非隔震整体模型，模型包括上支墩和下支墩等所有上部结构构件的整体模型。



4.2 非隔震模型参数设置和分析计算

预估减震目标为降低一度，底部剪力比小于0.5。此时先将地震信息页中的地震影响系数最大值填为7度0.1g中震的值0.23，上部结构的抗震等级按二级抗震，下部结构（即下支墩）的抗震等级为一级，另外将上支墩底部设置为铰接，其余参数按常规抗震结构设置。分析计算模型并调整结构整体指标和配筋基本满足规范要求，此步可借助Y-GAMA进行模型的自动调整。最后将地震信息页中地震影响系数最大值改为8度0.2g中震时的值0.45，此作为非隔震模型。



输入关键字搜索

结构总体信息
计算控制信息
控制信息
刚度系数
二阶效应
分析求解参数
非线性屈曲分析

风荷载信息
基本参数
指定风荷载

地震信息
地震信息
自定义影响系数曲线
时域显式随机模拟法
地震作用放大系数
性能设计
性能包络设计
隔震减震
减震性能包络设计

设计信息
活荷载信息
构件设计信息
构件设计信息
边缘构件设计信息
钢构件设计信息

包络设计
材料信息
材料参数
钢筋强度

地下室信息
荷载组合
组合系数
组合表
自定义工况组合

抗震鉴定与加固
抗震鉴定与加固

地震信息 > 地震信息

设计地震分组: 一 二 三

按新区划图计算

参数检索

设防烈度 8 (0.2g)

场地类别 II

特征周期 0.45

周期折减系数 1

特征值分析参数

分析类型 WYD-RITZ

用户定义振型数 21

程序自动确定振型数

质量参与系数之和(%) 90

最多振型数量 150

按主振型确定地震内力符号

砼框架抗震等级 二级

剪力墙抗震等级 三级

钢框架抗震等级 三级

抗震构造措施的抗震等级

提高一级 降低一级

框支剪力墙结构底部加强区剪力墙抗震等级自动提高一级

地下一层以下抗震构造措施的抗震等级逐层降低及抗震措施四级

局部模型反应谱法计算竖向地震时考虑水平质量

结构阻尼比(%)

全楼统一 5

按材料区分

钢	2
型钢混凝土	5
混凝土	5

偶然偏心

考虑偶然偏心 X 0.05 Y 0.05

偶然偏心计算方法

等效扭矩法(传统法)

瑞利-里兹投影反射谱法(新算法)

考虑双向地震作用

自动计算最不利地震方向的地震作用

斜交抗侧力构件方向角度(0-90)

活荷载重力荷载代表值组合系数 0.5

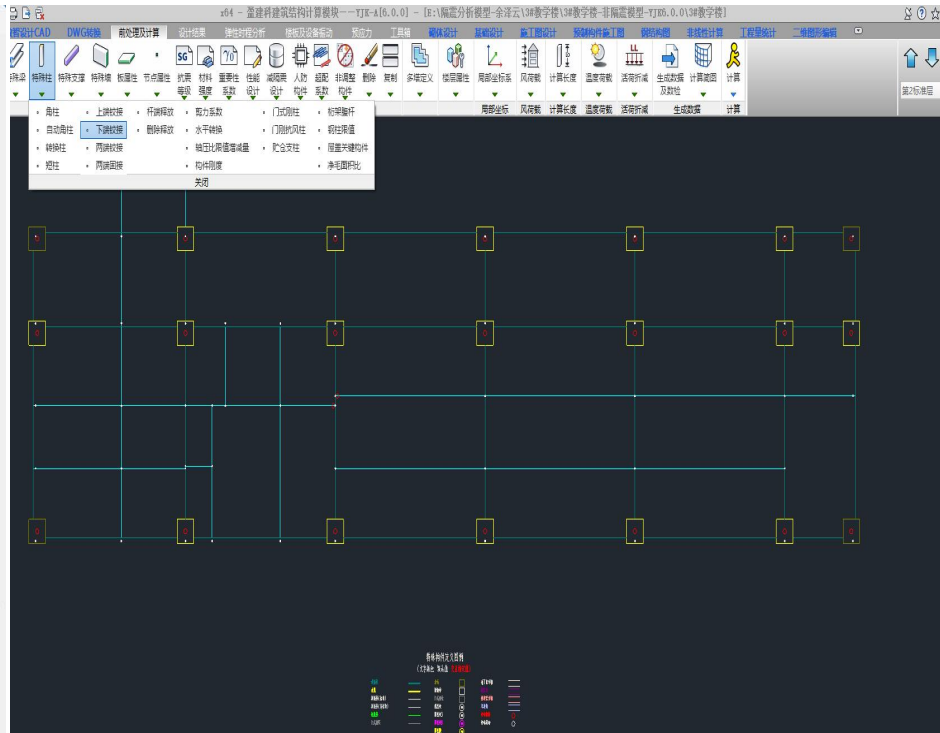
地震影响系数最大值 0.23

用于12层以下规则砼框架结构薄弱层验算的地震影响系数最大值 0.9

竖向地震作用系数底线值 0.1

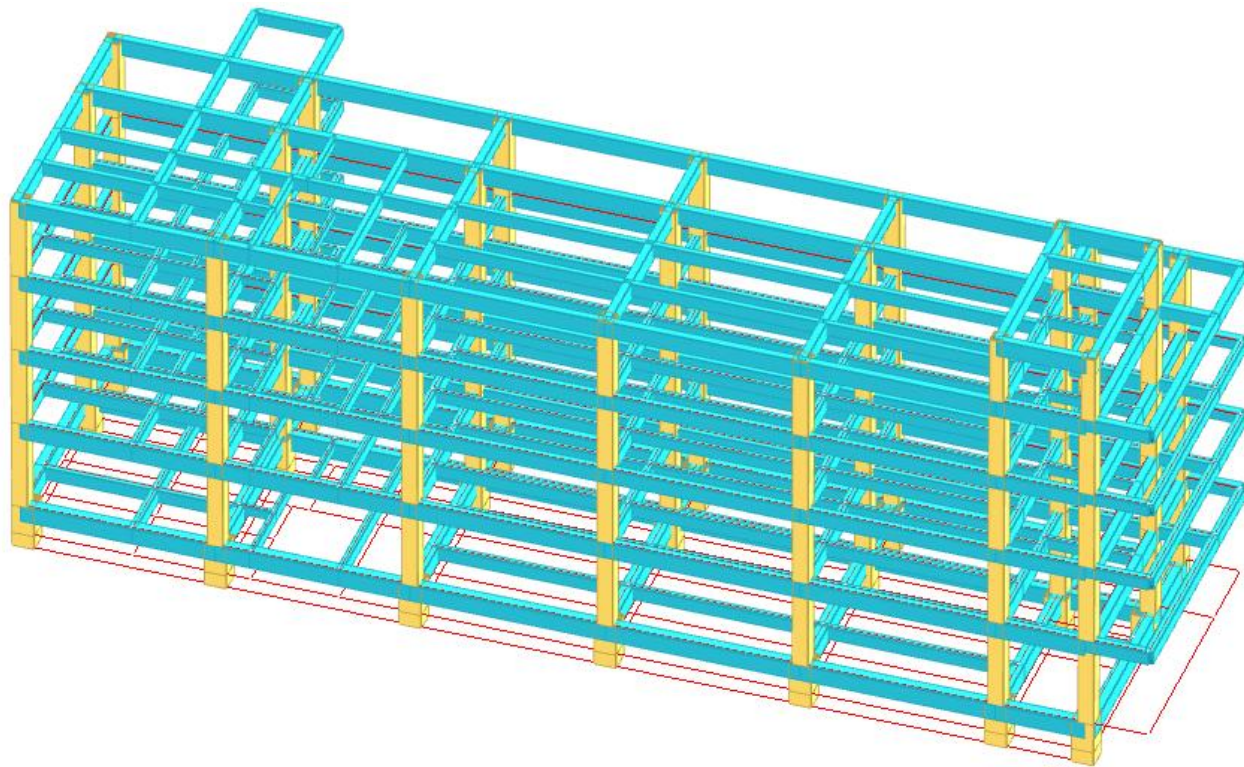
地震计算时不考虑地下室的结构质量

先把地震影响系数最大值天威7度0.1g中震的值0.23,并调整模型基本满足要求,然后再改为0.45,此为隔震模型。



4.3 建立隔震模型

复制非隔震模型，取消上支墩底部铰接设置，并按经验初步布置隔震支座，须对隔震分析信息进行定义，此为隔震模型。依据《隔标》4.1.3-1条，可采用复振型分解反应谱法结合迭代计算的方法进行隔震结构的设计。



4.4 计算参数设置-地震信息

YJKCAD-参数输入-地震信息 > 地震信息

输入关键字搜索 清空

地震信息 > 地震信息

设计地震分组: 一 二 三

按新区划图计算

设防烈度: 8 (0.2g)

场地类别: II

特征周期: 0.45

周期折减系数: 1

特征值分析参数

分析类型: WYD-RITZ

用户定义振型数: 21

程序自动确定振型数

质量参与系数之和(%): 90

最多振型数量: 150

按主振型确定地震内力符号

砼框架抗震等级: 二级

剪力墙抗震等级: 三级

钢框架抗震等级: 三级

抗震构造措施的抗震等级

提高一级 降低一级

框支剪力墙结构底部加强区剪力墙抗震等级自动提高一级

地下一层以下抗震构造措施的抗震等级逐层降低及抗震措施四级

局部模型反应谱法计算竖向地震时考虑水平质量

结构阻尼比(%)

全楼统一: 5

按材料区分

型钢混凝土	5	钢	2
混凝土	5	混凝土	5

偶然偏心

考虑偶然偏心 X: 0.05 Y: 0.05

偶然偏心计算方法

等效扭矩法(传统法)

瑞利-里兹投影反射谱法(新算法)

考虑双向地震作用

自动计算最不利地震方向的地震作用

斜交抗侧力构件方向角度(0-90):

活荷载重力荷载代表值组合系数: 0.5

地震影响系数最大值: 0.45

用于12层以下规则砼框架结构薄弱层验算的地震影响系数最大值: 0.9

竖向地震作用系数底线值: 0.1

地震计算时不考虑地下室的结构质量

主模型为中震隔震模型，地震影响系数最大值采用中震的0.45，周期折减系数取值1.0；阵型数采用21，且须保证CCQC计算结果楼层剪力稳定，复阵型总质量参与系数接近100%；依据《抗规》表6.1.2抗震等级为二级。



4.5 计算参数设置-隔震减震

YJKCAD-参数输入-地震信息 > 隔震减震

输入关键字搜索 清空

地震信息 > 隔震减震

隔震 减震 隔震手册 减震手册

隔震

隔震层数 1

隔震层层号 2

计算底部剪力比的层号 3

隔震结构设计方法 直接设计法

分部设计法

调整后水平向减震系数(β/ψ) 1

计算中震非隔震模型

减震

减震结构设计方法 抗规

云南减震规程

第一类抗震设防目标 小震 α_{Max} 0.16

减隔震

最大附加阻尼比 0.25

附加阻尼比折减系数 1

考虑钢筋超强系数

反应谱计算方法

实振型分解反应谱法 减震隔震附加阻尼比算法 强制解耦

复振型分解反应谱法

减隔震元件有效刚度和有效阻尼

采用输入的等效线性属性

反应谱迭代确定

自动采用弹性时程计算结果

隔震包络设计

大震计算模型 不屈服 弹性

大震地震影响系数最大值 0.9

周期折减系数 1 特征周期 0.5

不屈服

结构阻尼比(%)

全楼统一 5

按材料区分 钢 2

型钢砼 5 混凝土 5

连梁刚度折减系数 0.6

中梁刚度放大系数 1

考虑双向地震作用

弹性

结构阻尼比(%)

全楼统一 5

按材料区分 钢 2

型钢砼 5 混凝土 5

连梁刚度折减系数 0.6

中梁刚度放大系数 1

考虑双向地震作用

选择直接设计法进行隔震结构分析，且可考虑钢筋超强系数，依据《隔标》4.6.6条：普通水平构件端部钢筋强度可放大1.25倍进行承载力验算。隔震支座的有效刚度和有效阻尼依据《隔标》4.2.2条的迭代计算确定。另外《隔标》4.7.2条要求下支墩要进行抗剪弹性、抗弯不屈服的大震包络设计，所以选择计算大震不屈服和弹性子模型。选择计算非隔震模型，软件自动生成非隔震模型，以便计算底部剪力比。



4.6 有限刚度和阻尼迭代过程

当选择“迭代确定”，软件按照用户输入的非线性参数进行反应谱迭代计算，得到隔震元件的等效刚度和等效阻尼，此项要求见隔震标准 4.3.2 条：采用振型分解反应谱法时，应将下部结构、隔震层及上部结构进行整体分析，其中隔震层的非线性可按等效线性化的迭代方式考虑。

程序迭代计算等效刚度和阻尼流程如下：

(1)对 X 向和 Y 向分别进行迭代计算；首先，对 X 向由初始状态迭代得到隔震支座 X 向的等效参数为步骤 2~6；

(2)取隔震支座屈服前刚度为初始刚度，取初始附加阻尼比为 0；

(3)进行第一次反应谱计算，得到各支座位移 u_1 ，各振型周期，定义基本周期为相应方向质量参与系数最大的振型对应的周期；按消能减震规程 6.3.2 计算结构应变能、各阻尼器耗能、以及附加阻尼比 $\zeta_{d,1}$ ，其中结构应变能取所有振型应变能之和；结构总阻尼比

$$\zeta_1 = \zeta_{1,1} + \zeta_{d,1} ;$$

(4)根据各隔震支座的滞回模型及各支座的位移 u_1 得到用于第二次反应谱计算的等效刚度 K_1 ；等效刚度取位移对应的割线刚度，等效阻尼系数按照《建筑消能减震技术规

程 JGJ297-2013》公式 5.6.3-4 计算， ω_1 取基本周期对应的频率；

(5)采用 K1 及 ζ_1 进行第二次反应谱计算，得到各支座位移 u_2 ，各振型周期；

(6)重复步骤 3~5，当第 $i+1$ 次反应谱计算得到的 ζ_{i+1} 与第 i 次反应谱计算得到 ζ_i 满足

$\frac{\zeta_{i+1} - \zeta_i}{\zeta_i} \leq 0.01$ 时，认为迭代收敛，输出此时的 K_{i+1} ， C_{i+1} 作为此方向的等效参数。

(7)对 Y 向重复步骤 2~6，由初始状态迭代得到隔震支座 Y 向的等效参数。

(8)采用得到的 X 向和 Y 向的等效参数进行最后的反应谱计算，用于结构设计。

当选择“自动采用弹性时程计算结果”，软件在弹性时程模块提供了按照直接积分法结果自动计算减隔震元件有效刚度和阻尼的功能，选择该项，反应谱计算可自动读取弹性时程模块中直接积分法计算的有效刚度和阻尼结果，接力反应谱进行地震作用计算，选择该项时，用户应首先在弹性时程模块中完成直接积分法计算。

应当注意：以上等效参数的取值仅适用于地震工况，对于恒活风等静力工况，程序采用用户输入的线性刚度进行内力计算。

输入关键字搜索

清空

结构总体信息

计算控制信息

控制信息

刚度系数

二阶效应

分析求解参数

非线性屈曲分析

风荷载信息

基本参数

指定风荷载

地震信息

地震信息

自定义影响系数曲线

时域显式随机模拟法

地震作用放大系数

性能设计

性能包络设计

隔震减震

减震性能包络设计

设计信息

活荷载信息

构件设计信息

构件设计信息

边缘构件设计信息

钢构件设计信息

包络设计

材料信息

材料参数

钢筋强度

地下室信息

荷载组合

组合系数

组合表

自定义工况组合

抗震鉴定与加固

抗震鉴定与加固

抗震鉴定(构件验算)

钢结构加固

安全性鉴定

可靠性鉴定标准

危险房屋鉴定标准

装配式

导入

导出

恢复默认

高级选项

控制参数

通用

梁

柱

墙

整体指标 其它

计算相关

前处理

前处理(续)

施工图

鉴定加固

空心板

 考虑梁变形 考虑竖向构件刚度

网格划分尺寸 (m)

0.5

计算模型

 刚度折减 梁+弹性板 考虑肋梁剪力折减 考虑肋梁弯矩调幅

广东高规

x方向基本周期对应的振型号

0

y方向基本周期对应的振型号

0

计算选项

振型参与质量计算选项

1: 考虑 2: 不考虑 3: 自动

1

二阶效应

 墙的轴向荷载采用导荷结果

减隔震反应谱迭代选项

附加阻尼比迭代容差

0.010

迭代控制振型取

质量参与系数量

 门刚计算单振时, 考虑MODEL_2DIMENSION标记 整体计算出错, 不继续进行后续设计

参数说明

恢复默认

确定

取消

确定

取消

输入关键字搜索 清空

结构总体信息

结构体系

结构材料

所在地区

地下室层数

嵌固端所在层号(层顶嵌固)

与基础相连构件最大底标高(m)

裙房层数

转换层所在层号

加强层所在层号

底框层数

施工模拟加载层步长

施工模拟一和三采用相同的加载顺序可在“楼层属次序”中修改。

内框架层数

计算控制信息

控制信息

刚度系数

二阶效应

分析求解参数

非线性屈曲分析

风荷载信息

基本参数

指定风荷载

地震信息

地震信息

自定义影响系数曲线

时域显式随机模拟法

地震作用放大系数

性能设计

性能包络设计

隔震减震

减震性能包络设计

设计信息

活荷载信息

构件设计信息

构件设计信息

边缘构件设计信息

钢构件设计信息

包络设计

材料信息

材料参数

钢筋强度

地下室信息

荷载组合

组合系数

组合表

自定义工况组合

抗震鉴定与加固

抗震鉴定与加固

抗震鉴定(构件验算)

钢结构加固

安全性鉴定

可靠性鉴定标准

危险房屋鉴定标准

装配式

导入 导出 恢复默认 **高级选项**

控制参数

通用 梁 柱 墙 整体指标 其它 计算相关 前处理 前处理(续) 施工图 鉴定加固

非抗震构件考虑抗震组合

剪压比验算采用配筋对应的内力

地震组合时活荷载考虑按楼层折减

竖向构件轴力小于 (kN) 时忽略轴力

工程对比时, 忽略Z坐标

显示设置

显示铰接标记

铰接标记半径

显示斜杆圆圈

斜杆圆圈半径

性能包络设计

子模型不考虑剪重比、0.2Vo调整

子模型不考虑全楼或分层地震作用放大

子模型不考虑薄弱层调整

隔震性能包络设计

隔震子模型不考虑剪重比、0.2Vo调整

隔震子模型不考虑全楼或分层地震作用放大

隔震子模型不考虑薄弱层调整

减震性能包络设计

减震子模型不考虑剪重比、0.2Vo调整

减震子模型不考虑全楼或分层地震作用放大

减震子模型不考虑薄弱层调整

是否配筋包络

多塔包络取大

少墙框架包络取大

包络性能设计包络取大

门刚单墙包络取大

框架单墙包络取大

地铁多模型包络取大

包络取大时复制对应设计内力

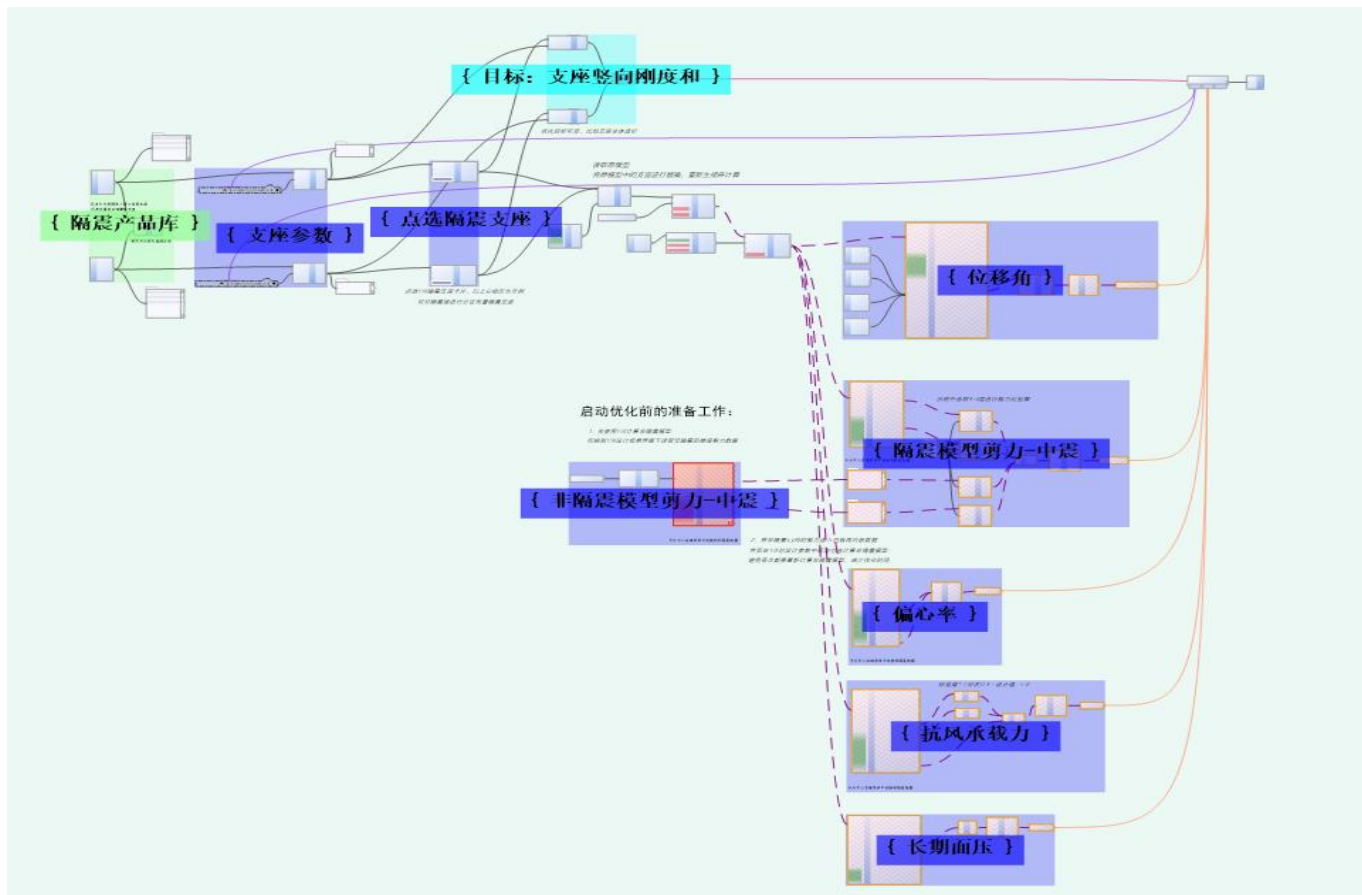
参数说明

恢复默认 确定 取消

05 利用Y-GAMA进行隔
震支座自动选型布置



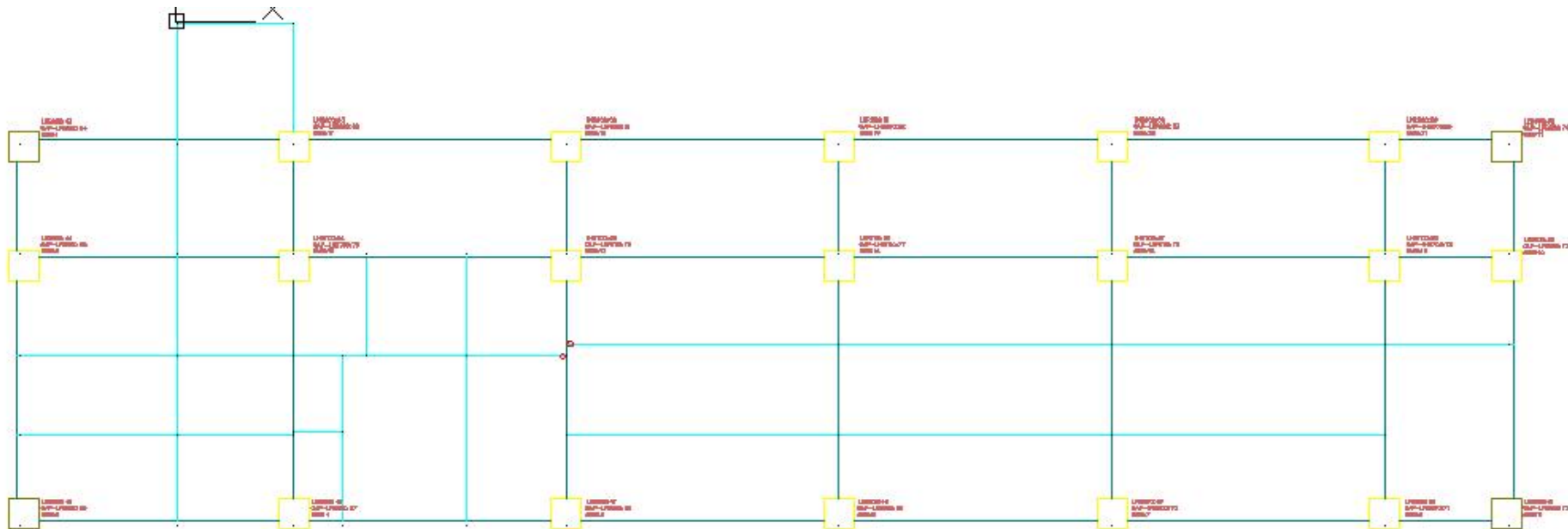
5.1 Y-GAMA隔震支座选型卡片包



5.2 隔震支座布置平面图



5.3 隔震支座编号图



隔震支座编号图



5.5 支座LNR800-0.392-V3参数

连接单元定义

LNR500-0.392-V3
LNR600-0.392-V3
LNR700-0.392-V3
LNR800-0.392-V3
LNR900-0.392-V3
LRB500-0.392-V3
LRB600-0.392-V3
LRB700-0.392-V3
LRB800-0.392-V3
LRB900-0.392-V3

类型: 防震支座 设计参数

	有效刚度KE kN/m, kN.m/rad	有效阻尼 CE (kN.s/m)	非线性	刚度 K (kN/m)	抗拉刚度 Kt (kN/m)	截面积 A (m ²)
<input checked="" type="checkbox"/> U1	2.5e+006	0	<input checked="" type="checkbox"/>	2.5e+006	250000	0.5026
<input checked="" type="checkbox"/> U2	1310	0	<input type="checkbox"/>	0	0	0
<input checked="" type="checkbox"/> U3	1310	0	<input type="checkbox"/>	0	0	0
<input type="checkbox"/> R1	0	0				
<input type="checkbox"/> R2	0	0				
<input type="checkbox"/> R3	0	0				

屈服力KY (kN) 屈服后刚度比KYR

防震支座设计参数 ×

(带*号为必填项)

*有效直径 (mm) 800

中孔直径 (mm) 40

*橡胶总厚度 (mm) 147

*支座+连接板总高 (mm) 273.5

一次形状系数 25.9

*二次形状系数 5.44

考虑附加弯矩作用

确定
取消

添加
删除
应用
↑ 收起 ↑
确定

全部
 使用构件型号作为定义名称
导入
导出
恢复默认
备选列表

产品型号	竖向初始刚度(kN/m)	抗拉刚度Kt(kN/m)	截面积A(m ²)	水平初始刚度(kN/m)	水平屈服力(kN)	100%等效
LB-LNR400	1.035e+006	103500	0.126	0	0	613
LB-LNR500	1.293e+006	129300	0.196	0	0	766
LB-LNR600	1.641e+006	164100	0.283	0	0	919
LB-LNR700	1.962e+006	196200	0.385	0	0	1072
LB-LNR800	2.242e+006	224200	0.503	0	0	1225
LB-LNR900	2.578e+006	257800	0.636	0	0	1378

YJK Building Software

软件

30

5.6 支座LRB800-0.392-V3参数

连接单元定义

- LNR500-0.392-V3
- LNR600-0.392-V3
- LNR700-0.392-V3
- LNR800-0.392-V3
- LNR900-0.392-V3
- LRB500-0.392-V3
- LRB600-0.392-V3
- LRB700-0.392-V3
- LRB800-0.392-V3
- LRB900-0.392-V3

类型: 防震支座 设计参数

	有效刚度KE kN/m, kN.m/rad	有效阻尼 CE(kN.s/m)	非线性	刚度 K(kN/m)	抗拉刚度 Kt(kN/m)	截面积 A(m ²)
<input checked="" type="checkbox"/> U1	2.8e+006	0	<input checked="" type="checkbox"/>	2.8e+006	280000	0.5026
<input checked="" type="checkbox"/> U2	2000	0	<input checked="" type="checkbox"/>	16630	106	0.0769
<input checked="" type="checkbox"/> U3	2000	0	<input checked="" type="checkbox"/>	16630	106	0.0769
<input type="checkbox"/> R1	0	0				
<input type="checkbox"/> R2	0	0				
<input type="checkbox"/> R3	0	0				

屈服力KY(kN) 屈服后刚度比KYR

防震支座设计参数

(带*号为必填项)

*有效直径(mm) 800

中孔直径(mm) 130

*橡胶总厚度(mm) 147

*支座+连接板总高(mm) 273.5

一次形状系数 27.2

*二次形状系数 5.44

考虑附加弯矩作用

确定
取消

添加
删除
应用

↑ 收起 ↑
确定

全部
使用构件型号作为定义名称
导入
导出
恢复默认

备选列表

	产品型号	竖向初始刚度(kN/m)	抗拉刚度Kt(kN/m)	截面积A(m ²)	水平初始刚度(kN/m)	水平屈服力(kN)	100%等效
全部 其他 JG/T 118-2018	LB-LNR400	1.035e+006	103500	0.126	0	0	613
	LB-LNR500	1.293e+006	129300	0.196	0	0	766
	LB-LNR600	1.641e+006	164100	0.283	0	0	919
	LB-LNR700	1.962e+006	196200	0.385	0	0	1072
	LB-LNR800	2.242e+006	224200	0.503	0	0	1225
	LB-LNR900	2.578e+006	257800	0.636	0	0	1378



5.7 特殊构件定义-下支墩属性



特殊支墩墩帽属性



特殊支墩墩帽属性



特殊支墩墩帽属性



特殊支墩墩帽属性



特殊支墩墩帽属性



特殊支墩墩帽属性



特殊支墩墩帽属性



特殊支墩墩帽属性



特殊支墩墩帽属性



特殊支墩墩帽属性



特殊支墩墩帽属性



特殊支墩墩帽属性



特殊支墩墩帽属性



特殊支墩墩帽属性



特殊支墩墩帽属性



特殊支墩墩帽属性



特殊支墩墩帽属性



特殊支墩墩帽属性



特殊支墩墩帽属性



特殊支墩墩帽属性



特殊支墩墩帽属性

特殊构件定义图例
(文字颜色: 默认是 文字颜色)



大梁 不叠梁/属性



大梁 不叠梁/属性



大梁 不叠梁/属性



大梁 不叠梁/属性



大梁 不叠梁/属性



大梁 不叠梁/属性



大梁 不叠梁/属性



大梁 不叠梁/属性



大梁 不叠梁/属性



大梁 不叠梁/属性



大梁 不叠梁/属性



大梁 不叠梁/属性



大梁 不叠梁/属性



大梁 不叠梁/属性



大梁 不叠梁/属性



大梁 不叠梁/属性



大梁 不叠梁/属性



大梁 不叠梁/属性



大梁 不叠梁/属性



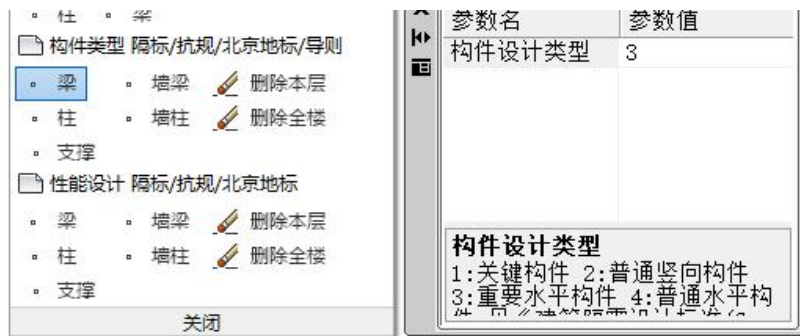
大梁 不叠梁/属性



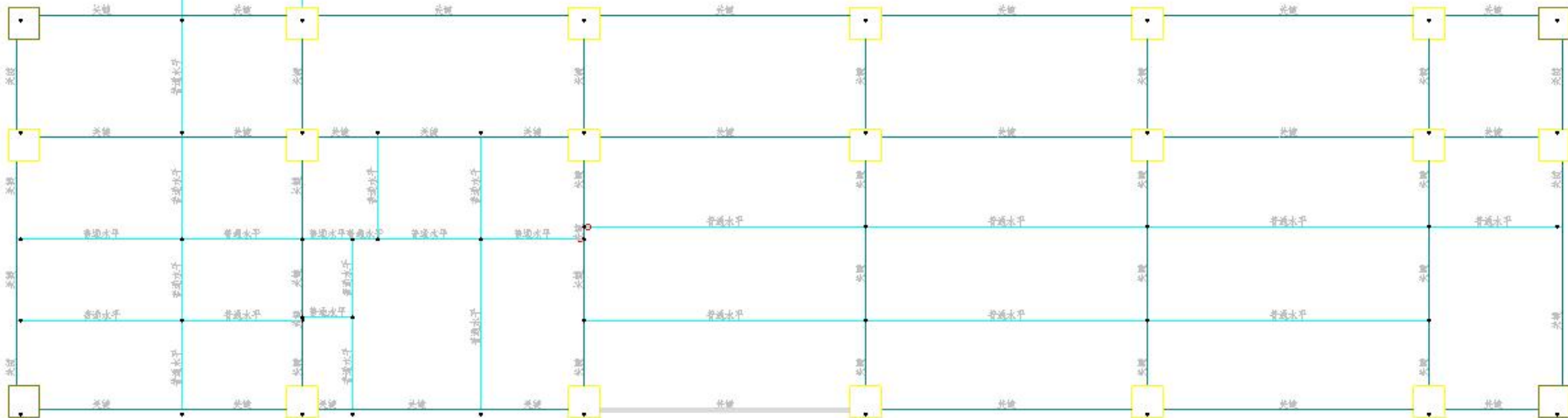
大梁 不叠梁/属性

特殊构件定义图例
(文字颜色: 默认是 文字颜色)

5.8 特殊构件定义-构件类型



构件类型按照前述进行设置，即：下支墩、上支墩和上支墩层框架梁为关键构件，其余框架柱为普通竖向构件，其余梁为普通水平构件。



5.9 特殊构件定义-构件类型

特殊构件定义

支墩及相连构件《GB/T 51408-2021》

- 柱
- 梁

构件类型 隔标/抗规/北京地标/导则

- 梁
 - 墙梁 删除本层
- 柱
 - 墙柱 删除全楼
- 支撑

性能设计 隔标/抗规/北京地标

- 梁
 - 墙梁 删除本层
- 柱
 - 墙柱 删除全楼
- 支撑

关闭

参数名	参数值
构件设计类型	1

构件设计类型
1:关键构件 2:普通竖向构件
3:重要水平构件 4:普通水平构件

构件

构件类型按照前述进行设置，即：下支墩、上支墩和上支墩层框架梁为关键构件，其余框架柱为普通竖向构件，其余梁为普通水平构件。

06 YJK设防地震CCQC验算结果



6.1 隔震层偏心率和抗风承载力验算

隔震层偏心率验算

计算依据：根据《建筑隔震设计标准》GB/T51408-2021第4.6.2-4条款，隔震层刚度中心与质量中心宜重合，设防烈度地震作用下的偏心率不宜大于3%

方向	层号	塔号	重心坐标(m)	刚心坐标(m)	偏心距(m)	弹力半径(m)	偏心率(%)
X向	2	1	20.4296	21.1785	0.2693	18.7762	3.9882
Y向	2	1	-10.1245	-10.3938	0.7488	18.7617	1.4355

隔震层抗风承载力验算

计算依据：根据《建筑隔震设计标准》GB/T51408-2021第4.6.8条款，

风荷载分项系数（可取1.5）* 风荷载作用下隔震层的水平剪力标准值 <= 隔震层抗风承载力设计值

隔震层抗风承载力由抗风装置和隔震支座的屈服力构成，按屈服强度设计值确定。

Vwk：风荷载作用下隔震层水平剪力标准值

Vrw：隔震层抗风承载力设计值

Res：验算结果，风荷载分项系数（可取1.5）* 风荷载作用下隔震层的水平剪力标准值 <= 隔震层抗风承载力设计值

层号	塔号	Vwk-X(kN)	Vwk-Y(kN)	Vrw-X(kN)	Vrw-Y(kN)	Res-X	Res-Y	是否满足
2	1	199.89	548.35	1166.00	1166.00	199.89*1.5 < 1166.00	548.35*1.5 < 1166.00	满足



6.2 屈重比和隔震层总水平力验算

屈重比验算

层号	塔号	X向隔震层屈服力(kN)	Y向隔震层屈服力(kN)	隔震层以上的重力(kN)	X向屈重比(%)	Y向屈重比(%)	下限值(%)	是否满足
2	1	1166.00	1166.00	45438.70	2.57	2.57	2.00	满足

隔震层总水平力验算

计算依据: 根据《建筑抗震设计规范》第12.1.3-3条款, 风荷载和其他非地震作用的水平荷载标准值产生的总水平力不宜超过结构总重力的10%

层号	塔号	X向总水平力(kN)	Y向总水平力(kN)	隔震层以上重力的10%(kN)	是否满足
2	1	199.89	548.35	4543.87	满足

计算依据: 根据《抗震通用规范》第5.1.7-1条款, 隔震层以上结构的总水平地震作用, 不得低于6度设防非隔震结构的总水平地震作用。

层号	塔号	隔震结构X向剪力(kN)	隔震结构Y向剪力(kN)	6度非隔震结构X向剪力(kN)	6度非隔震结构Y向剪力(kN)	X向放大系数	Y向放大系数
2	1	5622.07	5562.59	4615.33	4437.37	1.00	1.00

隔震层底部剪力比

注: 隔震与非隔震模型的隔震层底部剪力比均来自中震反应谱结果。

X 向隔震与非隔震模型的隔震层底部剪力比:

层号	塔号	隔震结构隔震层底部剪力(kN)	非隔震结构隔震层底部剪力(kN)	底部剪力比
3	1	4823.82	16646.38	0.29

Y 向隔震与非隔震模型的隔震层底部剪力比:

层号	塔号	隔震结构隔震层底部剪力(kN)	非隔震结构隔震层底部剪力(kN)	底部剪力比
3	1	4810.57	16006.69	0.30



6.3 抗倾覆和恢复力验算

抗倾覆验算

	抗倾覆力矩Mr	倾覆力矩Mov	比值Mr/Mov	是否满足
层号: 2	塔号: 1			
X向风	1.123E+006	2.575E+003	4.359E+002	满足
Y向风	3.000E+005	6.548E+003	4.582E+001	满足
X地震	1.077E+006	1.360E+005	7.921E+000	满足
Y地震	2.879E+005	1.358E+005	2.120E+000	满足

层号: 3	塔号: 1			
X向风	9.785E+005	2.276E+003	4.300E+002	满足
Y向风	2.408E+005	5.725E+003	4.206E+001	满足
X地震	9.388E+005	1.177E+005	7.977E+000	满足
Y地震	2.310E+005	1.179E+005	1.960E+000	满足

恢复力验算

层号	塔号	X向恢复力	Y向恢复力	X向1.2(屈服力+摩阻力)	Y向1.2(屈服力+摩阻力)	是否满足
2	1	11476.58	11319.74	1291.60	1291.60	满足

6.4 隔震前后周期对比和层间位移角

振型	隔震前 (s)	隔震后 (s)	隔震后周期两方向差值
1	0.6977	2.2520	0.86%<30%
2	0.6596	2.2329	
3	0.6250	2.2165	

《叠层橡胶支座
隔震技术规程》
规定：隔震房屋
两个方向的基本
周期相差不宜超
过较小值的30%

层号	设防地震下层间位移角 (CCQC)	
	X向	Y向
5	1/1772	1/2075
4	1/1468	1/1070
3	1/959	1/754
2	1/737	1/617
1	1/661	1/593

层号	罕遇地震下层间位移角 (CCQC)	
	X向	Y向
5	1/717	1/817
4	1/585	1/412
3	1/382	1/286
2	1/294	1/233
1	1/270	1/221

07 YJK弹性时程补充分析



7.1 地震波选择

依据《隔标》4.1.3-3条要求，对于房屋高度大于60m的隔震建筑，不规则建筑，或隔震支座、阻尼装置及其他装置的组合复杂的隔震建筑，尚应采用时程分析法进行补充分析。

自动筛选地震波组合参数对话框

读入上次计算参数设置与统计结果 保存参数设置与计算统计结果

选取备选地震波

YJK地震波库 0.45 用户自定义波

添加备选天然波

10410337_NO_9502,TG(0.46)	=选择=>	14095628_NO_9150,TG(0.68)
10410337_NO_9507,TG(0.43)	=全选=>	14095628_NO_9294,TG(0.61)
14095628_NO_9220,TG(0.43)		14138080_NO_10013,TG(0.67)
14095628_NO_9285,TG(0.46)		14138080_NO_9944,TG(0.62)
14138080_NO_10004,TG(0.44)		14138080_NO_9947,TG(0.62)
14138080_NO_10015,TG(0.44)		14138080_NO_9985,TG(0.61)
14138080_NO_10018,TG(0.45)		14151344_NO_9019,TG(0.60)
14138080_NO_9850,TG(0.46)		14151344_NO_9078,TG(0.63)
14138080_NO_9878,TG(0.44)		14151344_NO_9080,TG(0.68)
14138080_NO_9883,TG(0.44)		14155260_NO_9412,TG(0.65)
14138080_NO_9901,TG(0.44)		14186612_NO_9733,TG(0.66)
14151344_NO_8973,TG(0.43)		14186612_NO_9743,TG(0.69)
14151344_NO_8978,TG(0.46)		14186612_NO_9751,TG(0.68)
14151344_NO_8986,TG(0.43)		14383980_NO_8854,TG(0.63)
14151344_NO_8989,TG(0.46)		14383980_NO_8855,TG(0.65)
		14383980_NO_8870,TG(0.60)

=选择=> =全选=> 删除=> 全删=>

添加备选人工波

ArtWave-RH1TG045,Tg(0.45)	=选择=>	ArtWave-RH1TG065,Tg(0.65)
ArtWave-RH2TG045,Tg(0.45)	=全选=>	ArtWave-RH2TG065,Tg(0.65)
ArtWave-RH3TG045,Tg(0.45)		ArtWave-RH3TG065,Tg(0.65)
ArtWave-RH4TG045,Tg(0.45)		ArtWave-RH4TG065,Tg(0.65)

=选择=> =全选=> 删除=> 全删=>

地震波组合参数设置

备选地震波总数 433 人工波数 2 天然波数 5

地震波组合筛选限制条件

有效持续时间不小于5倍本周
 有效持续时间大于15s
 每条地震波基底剪力与CQC基底剪力比值 β 满足

$$0.65 \leq \beta \leq 1.35$$

地震波基底剪力平均值与CQC基底剪力比值 λ 满足

$$0.8 \leq \lambda \leq 1.2$$

平台平均值与第一周期邻域平均值筛选

DT1 0.2 DT2 0.5 Tol 0.35

考虑各地震波组合在 1-3 阶周期的平均反应谱与规范反应谱值的比值 η 满足

(周期点支持连续和间隔输入，如1-5,8,10)

考虑自定义周期的平均反应谱值

自定义周

(周期点之间采用逗号间隔，如1.0,1.5)

$$0.8 \leq \eta \leq 1.2$$

筛选地震波组合 查看计算结果文本

地震波组合筛选计算结果

共筛选出符合要求地震波组合数 4

1: TaiwanSMART1(25)_NO_3582,TG(0.66) + Irpinia_Ital
2: TaiwanSMART1(25)_NO_3582,TG(0.66) + Irpinia_Ital
3: TaiwanSMART1(25)_NO_3582,TG(0.66) + Irpinia_Ital
4: TaiwanSMART1(25)_NO_3582,TG(0.66) + Irpinia_Ital

选择地震波组合 清空计算结果

TaiwanSMART1(25)_NO_3582,TG(0.66)
Irpinia_Italy-02_NO_302,TG(0.69)
Chi-Chi_Taiwan-03_NO_2650,TG(0.62)
ImperialValley-02_NO_6,TG(0.66)
Chi-Chi_Taiwan-03_NO_2479,TG(0.65)
ArtWave-RH4TG065,Tg(0.65)

地震波选择对话框

自动筛选符合规范要求地震波组合

选择地震波

YJK地震波库 Tg=0.45s 用户自定义波

天然地震波列表

10410337_NO_9502,TG(0.46)
10410337_NO_9507,TG(0.43)
14095628_NO_9220,TG(0.43)
14095628_NO_9285,TG(0.46)
14138080_NO_10004,TG(0.44)
14138080_NO_10015,TG(0.44)
14138080_NO_10018,TG(0.45)
14138080_NO_9850,TG(0.46)
14138080_NO_9878,TG(0.44)
14138080_NO_9883,TG(0.44)
14138080_NO_9901,TG(0.44)
14151344_NO_8973,TG(0.43)
14151344_NO_8978,TG(0.46)
14151344_NO_8986,TG(0.43)
14151344_NO_8989,TG(0.46)

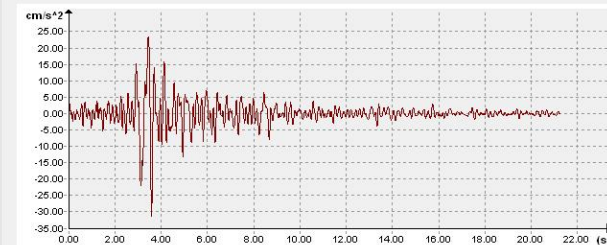
选择 全选 删除

人工地震波列表

ArtWave-RH1TG045,Tg(0.45)
ArtWave-RH2TG045,Tg(0.45)
ArtWave-RH3TG045,Tg(0.45)
ArtWave-RH4TG045,Tg(0.45)

选择 全选 删除

地震波数据图像显示



放大 移动 重置 显示坐标 保存图形

地震波分 主方向 次方向 竖方向

绘图类 A-t Sa-T Sv-T Sd-T

说

裁剪到自定义波库

前后裁剪处取峰值百分比(%) 10 峰值后持续时间(s) 15

裁剪起止时 0.12 - 13.61 (s) 显示裁剪波 更新裁剪预览 裁剪

已选地震波列表

R1-ACC8
R2-ACC10
T1-JG0752-0.005-5327
T2-JG0857-0.01-6000
T3-JG0504-0.005-7901
T4-JG0642-0.005-8483
T5-JG0683-0.005-9999

删除 全删 导出

地震波信息

主方向峰值加速度	31.342843071	(cm/s ²)
次方向峰值加速度	31.058308926	(cm/s ²)
竖向峰值加速度	13.461889239	(cm/s ²)
开始-结束时间	0 - 21.21	(s)
有效起止时间段	0.6-13.3/12.7	(s)
时间步长	0.01	(s)

确定 取消

7.2 地震工况设置

工况列表

序号	名称	分析方法	是否计算
1	R1-ACC8 [0.0]	直接积分法	<input checked="" type="checkbox"/>
2	R1-ACC8 [90.0]	直接积分法	<input checked="" type="checkbox"/>
3	R2-ACC10 [0.0]	直接积分法	<input checked="" type="checkbox"/>
4	R2-ACC10 [90.0]	直接积分法	<input checked="" type="checkbox"/>
5	T1-JG0752-0.005-5327 [0.0]	直接积分法	<input checked="" type="checkbox"/>
6	T1-JG0752-0.005-5327 [90.0]	直接积分法	<input checked="" type="checkbox"/>
7	T2-JG0857-0.01-6000 [0.0]	直接积分法	<input checked="" type="checkbox"/>
8	T2-JG0857-0.01-6000 [90.0]	直接积分法	<input checked="" type="checkbox"/>

注：单击“重置”按钮后，程序将根据选择的地震波生成默认的工况列

操作按钮：增加、修改、删除、重置、方法重置、振型叠加

工况信息

名称 R1-ACC8 [0.0]

地震作用

地震 R1-ACC8

主方向与x轴正向夹角(0

时程分析

分析方法 振型叠加法 直接积分法

起始时间 0 结束时间 30.02

时间步长 0.01 输出间隔步 10

输出间隔 0.1 迭代控制参数...

HHT积分参数

α 0 β 0.25 γ 0.5

阻尼类型

瑞利阻尼

周	振型A	振型B
阻尼	2.03	0.45
质量系数alfa	0.2533	
刚度系数beta	0.0058	

振型阻尼

振型 15

振型	阻尼比(%)
1	5.000
2	5.000
3	5.000

操作按钮：确定、取消

采用直接积分法时程分析，分析步长均采用0.01s，阻尼比采用瑞利阻尼，振型A和振型B的周期分别采用基本周期T1的0.9倍和0.25倍。

7.3 设防地震下弹性时程分析最大层间位移角

	最大层间位移角														平
	X向							Y向							X向
地震波	R1	R2	T1	T2	T3	T4	T5	R1	R2	T1	T2	TT3	T4	T5	
5F	1/1357	1/1642	1/1274	1/1097	1/1601	1/1547	1/1421	1/1955	1/1819	1/1507	1/1391	1/1675	1/1579	1/1605	1/1420
4F	1/1224	1/1737	1/1333	1/1089	1/1632	1/1624	1/1467	1/835	1/1073	1/865	1/706	1/934	1/778	1/851	1/1444
3F	1/878	1/1143	1/865	1/725	1/1073	1/1058	1/961	1/623	1/781	1/635	1/522	1/687	1/594	1/627	1/958
2F	1/764	1/860	1/652	1/558	1/807	1/800	1/731	1/537	1/628	1/516	1/430	1/557	1/544	1/511	1/739
1F	1/710	1/745	1/572	1/500	1/700	1/700	1/639	1/538	1/574	1/473	1/397	1/512	1/507	1/464	1/652
隔震支座层	1/751	1/790	1/592	1/535	1/728	1/711	1/675	1/630	1/631	1/517	1/448	1/569	1/581	1/517	1/683

7.4 7条波平均值与CCQC楼层剪力对比

时程法层间剪力与CQC法计算结果比较
多条波平均值与CQC法计算结果比较

当前主方向: 0.0 度

层号	塔号	时程法剪力	CQC法剪力	比值	放大系数
7	1	109.753	98.991	1.109	1.109
6	1	1534.528	1312.014	1.170	1.170
5	1	2785.017	2457.707	1.133	1.133
4	1	3791.642	3544.904	1.070	1.070
3	1	4645.874	4824.113	0.963	1.000
2	1	5670.620	5622.498	1.009	1.009
1	1	5634.044	5622.514	1.002	1.002

0.0°时全楼放大系数值为: 1.170

当前主方向: 90.0 度

层号	塔号	时程法剪力	CQC法剪力	比值	放大系数
7	1	107.600	102.341	1.051	1.051
6	1	1569.202	1373.425	1.143	1.143
5	1	2839.125	2515.901	1.128	1.128
4	1	3828.799	3555.232	1.077	1.077
3	1	4578.289	4810.893	0.952	1.000
2	1	5582.983	5562.999	1.004	1.004
1	1	5547.800	5563.097	0.997	1.000

90.0°时全楼放大系数值为: 1.143

反应谱选波参数

起始周期	0.01
终止周期	6
周期步长	0.02
特征周期(s)	0.45
参与振型数	21
阻尼比(%)	5
设防烈度	8 (0.2g) ▾
地震水准	设防地震 ▾
地震影响系数最大值	0.7245
时程选波参数	
峰值加速度类型:	<input checked="" type="radio"/> PGA <input type="radio"/> EPA
主方向峰值加速度 (cm/s ²)	322
次方向峰值加速度 (cm/s ²)	274
积分步长(s)	0.02
<input checked="" type="checkbox"/> 线性时程选波	

读取前处理地震参数

时程分析选波时已经将地震影响系数最大值放大1.61倍, 故此处的放大系数是在1.61的基础上的放大系数。



7.4 CCQC地震作用放大系数返填

YJKCAD-参数输入-地震信息 > 地震作用放大系数

地震信息 > 地震作用放大系数

输入关键字搜索 清空

全楼统一地震作用放大系数 1.61

各层各塔分别设置地震作用放大系数

塔数

层.	塔.	x	y
1	1	1.61	1.61
2	1	1.61	1.61
3	1	1.61	1.61
4	1	1.75	1.77
5	1	1.87	1.9
6	1	1.96	1.97
7	1	2.01	1.98

结构总体信息

计算控制信息

- 控制信息
- 刚度系数
- 二阶效应
- 分析求解参数
- 非线性屈曲分析

风荷载信息

- 基本参数
- 指定风荷载

地震信息

- 地震信息
- 自定义影响系数曲线
- 时域显式随机模拟法
- 地震作用放大系数**
- 性能设计
- 性能包络设计
- 隔震减震
- 减震性能包络设计

设计信息

活荷载信息

构件设计信息

- 构件设计信息
- 边缘构件设计信息
- 钢构件设计信息

包络设计

材料信息

- 材料参数
- 钢筋强度

08 EP弹塑性分析参数设置



8.1 大震模型选波：依据《隔标》4.3.3-2条要求，在罕遇地震或极罕遇地震作用下，隔震建筑上部结构和下部结构宜采用弹塑性分析模型。前面进行中震时程分析时按照设防地震进行了选波，此处需要再次按照罕遇地震参数设置进行选波，即：中震和大震时程分析选用同一套地震波，此处借助YJK选波工具进行再次选波，另外在YJK中对地震波进行裁剪，以便提高求解效率。

YJKCAD-参数输入-弹性大震时程分析信息

地震波选取与积分参数设置

添加地震波 删除选中地震波

名称
.. R1-ACC8
.. R2-ACC10
.. T1-JG0752-0.005-5327
.. T2-JG0857-0.01-6000
.. T3-JG0504-0.005-7901
.. T4-JG0642-0.005-8483
.. T5-JG0683-0.005-9999

读取弹性时程模块已选地震波

裁剪到自定义波库

前后裁剪处取峰值百分比(%) 峰值后持续时间(s)

裁剪起止时 - (s) 显示裁剪波

反应谱选波参数

起始周期

终止周期

周期步长

特征周期(s)

参与振数

阻尼比(%)

设防烈度 ▼

地震水准 ▼

地震影响系数最大值

时程选波参数

峰值加速度类型: PCA EPA

主方向峰值加速度 (cm/s²)

次方向峰值加速度 (cm/s²)

积分步长(s)

线性时程选波

选择选地震波

yjk地震波库 用户自定义波

添加备选天然波

T1-JG0752-0.005-5327	=选择=>	T1-JG0752-0.005-5327
T2-JG0857-0.01-6000	=全选=>	T2-JG0857-0.01-6000
T3-JG0504-0.005-7901	=删除=>	T3-JG0504-0.005-7901
T4-JG0642-0.005-8483	=全删=>	T4-JG0642-0.005-8483
T5-JG0683-0.005-9999		T5-JG0683-0.005-9999

添加备选人工波

R1-ACC8	=选择=>	R1-ACC8
R2-ACC10	=全选=>	R2-ACC10

地震波组合参数设置

备选地震波总数 7 人工波数 2 天然波数 5

地震波组合筛选限制条件

- 有效持续时间不小于5倍基本周
- 有效持续时间大于15s
- 每条地震波基底剪力与cqc基底剪力比值 ρ 满 $0.65 \leq \rho \leq 1.35$
- 地震波基底剪力平均值与cqc基底剪力比值 λ 满 $0.8 \leq \lambda \leq 1.2$

平台平均值与第一周期邻域平均值筛

DT1 0.2 DT2 0.5 Tol 0.35

考虑各地震波组合在 1-3 阶周期的平均反应谱与规范反应谱值的比值 η 满 (周期点支持连续和间隔输入, 如1-5,8,10)

考虑自定义周期的平均反应谱

自定义周 (周期点之间采用逗号间隔, 如1.0,1.5)

$0.8 \leq \eta \leq 1.2$

筛选地震波组合

地震波组合筛选计算结果

共筛选出符合要求地震波组合数 1

第 1 种地震波组合

T5-JG0683-0.005-9999
T4-JG0642-0.005-8483
T3-JG0504-0.005-7901
T2-JG0857-0.01-6000
T1-JG0752-0.005-5327
R2-ACC10

本对话框参数设置只影响地震波筛选过程，时程分析使用参数请在计算参数对话框中设置。

8.2 模型和构件参数设置

选择进行弹塑性时程分析，以考虑构件的材料非线性，分析配筋采用事先生成的施工图实配钢筋；不考虑施工模拟和几何非线性，质量源设置为：1.0D+0.5L。采用纤维束单元模拟构件分析，并且考虑套箍效应；楼板设置为弹性板分析，杆件细分单元最大尺寸均为1000mm，楼板细分单元2000mm。



8.3 计算参数设置

积分方法选择隐式Newmark法，阻尼采用瑞利阻尼，振型A和振型B的周期分别取 $0.9T_1$ 和 $0.25T_1$ (T_1 为基本周期)；求解方法选择迭代求解器，并且采用动力方式加载重力；位移验算组合： $1.0D+0.5L+1.0F_{ehk}$ ，压应力验算组合： $1.0D+0.5L+1.0F_{ehk}+0.4F_{evk}$ ，拉应力验算组合： $1.0D-1.0F_{ehk}-0.5F_{evk}$ ，静力荷载按照前置工况添加，不考虑双向地震作用。

The image shows the 'YJK弹性计算参数' (YJK Elastic Calculation Parameters) dialog box, divided into several sections for configuring the analysis.

模型参数 | 计算参数 | 构件参数

阻尼

瑞利阻尼 (隐式分析推荐)
振型A: 周期(s) 2.03, 阻尼比: 0.05
振型B: 周期(s) 0.56, 阻尼比: 0.05

质量系数alpha 0.242594
 刚度系数beta 0.006985 (仅用于隐式)

振型阻尼 (显式分析推荐)
振型数 21
 全楼统一 按材料区分 修改

序号	阻尼比(%)
1	5.0000
2	5.0000
3	5.0000

动力方程求解

直接求解器 迭代求解器
 动力方式加载重力

静力荷载信息

名称	是否计算
R1-ACC8[0][支座位移]	计算
R1-ACC8[0][最大压应力]	计算
R1-ACC8[0][最小压应力]	计算
R1-ACC8[90][支座位移]	计算

计算 不计算 复制 导入 删除 修改

积分算法

隐式Newmark法 收敛容限: 0.0001
 实时变步长次数 10
 显式中心差分法 稳定步长: 0

求解设备

CPU 8 CPUs GPU
GPU计算精度: 单精度

修改动力荷载

静力荷载工况: 工况组合选 支座位移

节点时程荷载选择

序号	节点时程荷载名称	状态
1	R1-ACC8	计算
2	R2-ACC10	不计算

计算 不计算

修改地震波

水平向地震波
 主向地震波 次向地震波

序..	地震波名称
1	R1-ACC8
2	R2-ACC10

竖向地震波
 竖向地震波 地震波文件格式样例 显示信息
文件路: 加载

确认修改

地震波信息

地震加速度最大值类 PGA EPA
时程分析时输入地震加速度的最大值 644
水平地震主方向作用万 X向 Y向
地震波控制角 0
X向系 1 Y向系 0 Z向系 0

方向	YJK地震波
主	R1-ACC8
次	R1-ACC8
竖	R1-ACC8

显示地震波波形成 删除单方向地震波

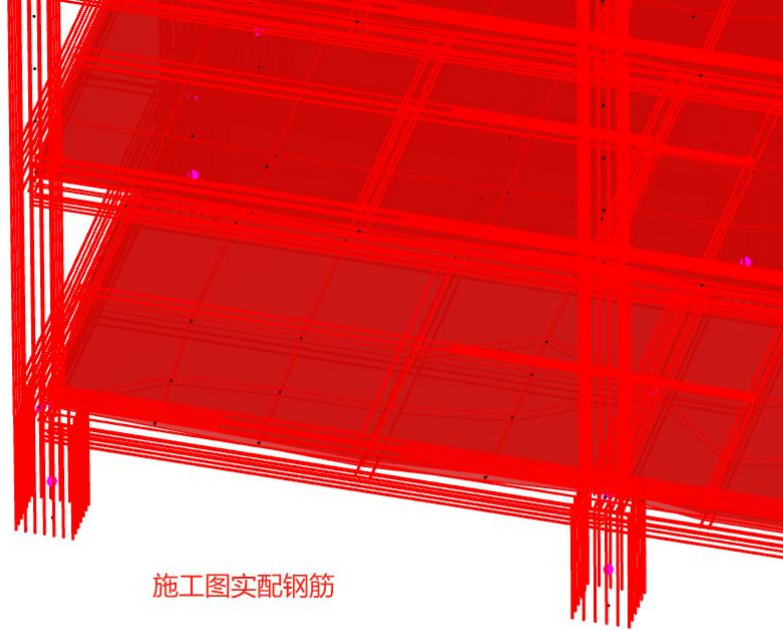
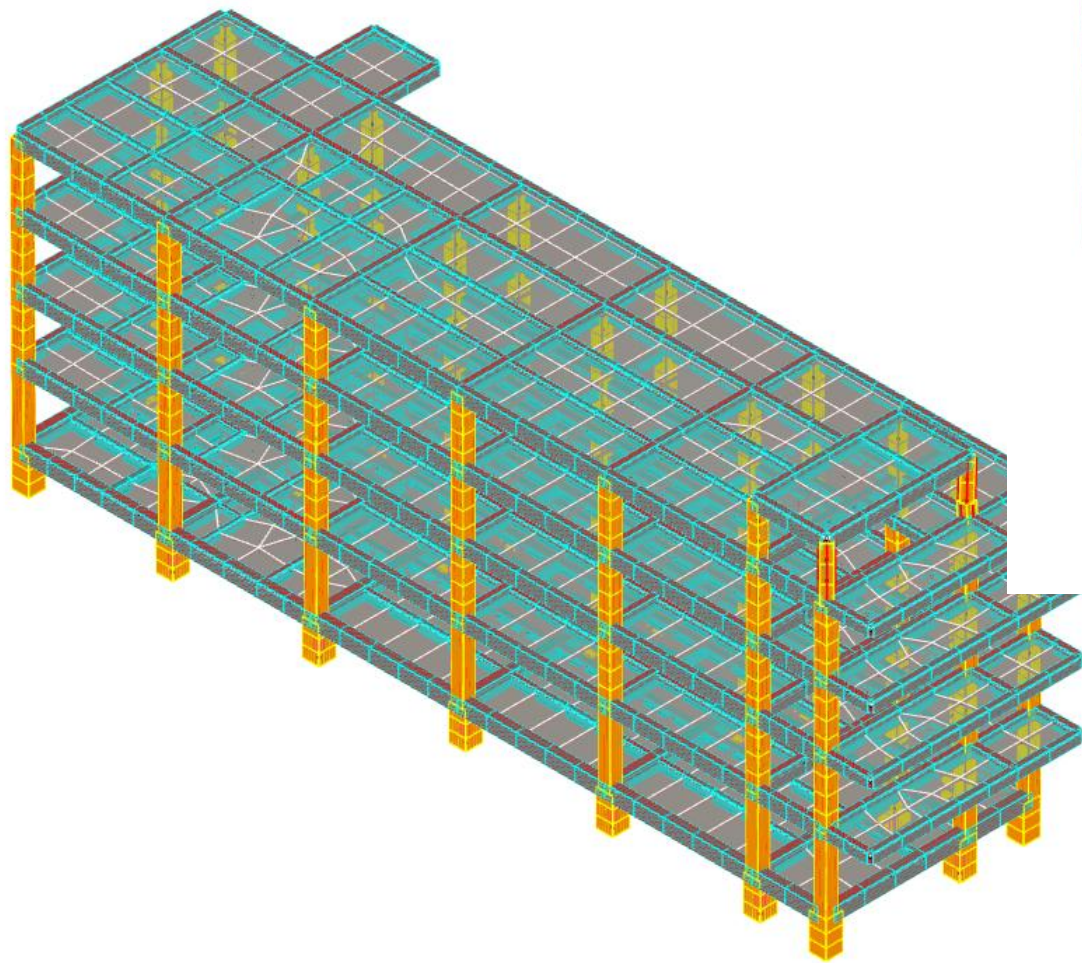
计算参数定义

输出时间步长 0.02 计算时间步长 0
开始时间 0 ~ 结束时间 30.02
确认 取消

8.4 计算参数设置



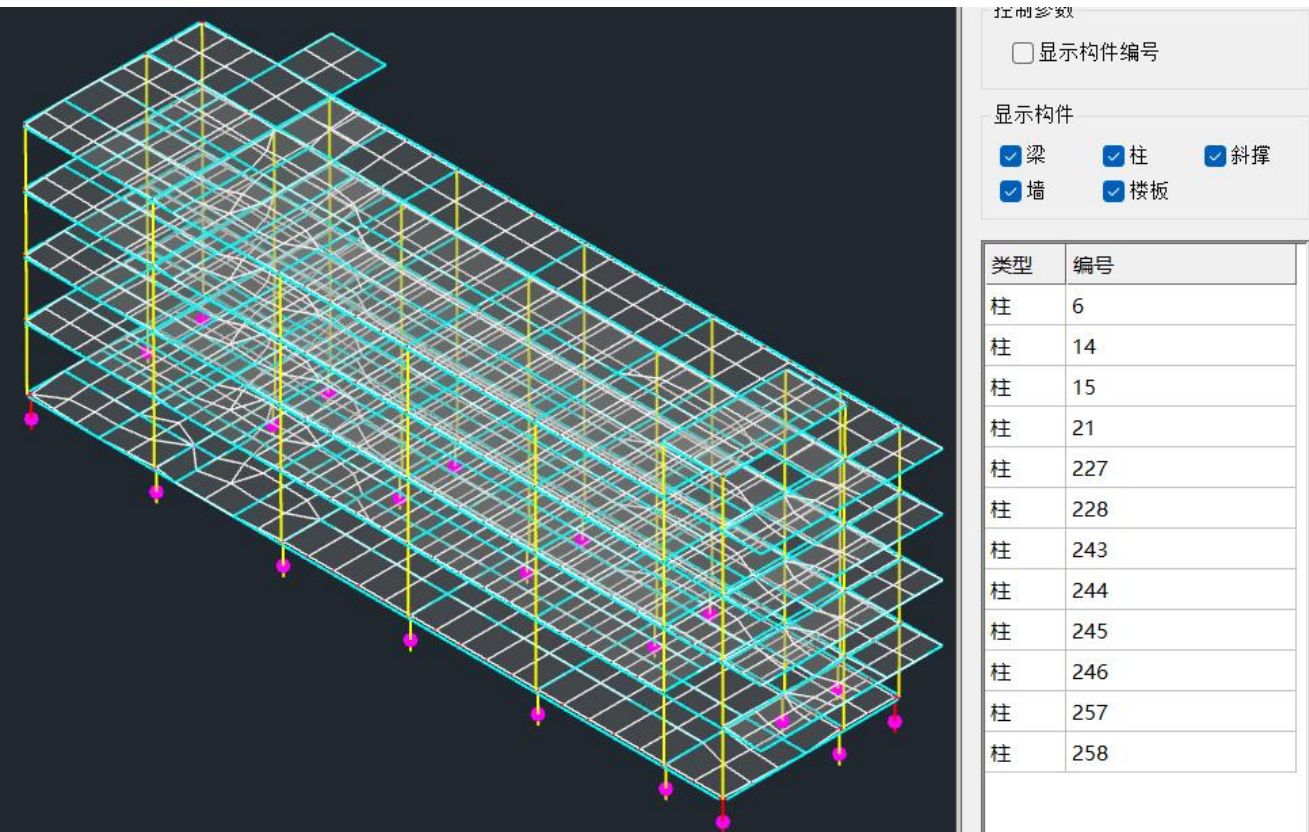
8.5 生成弹塑性分析模型



施工图实配钢筋



8.6 定义重要构件



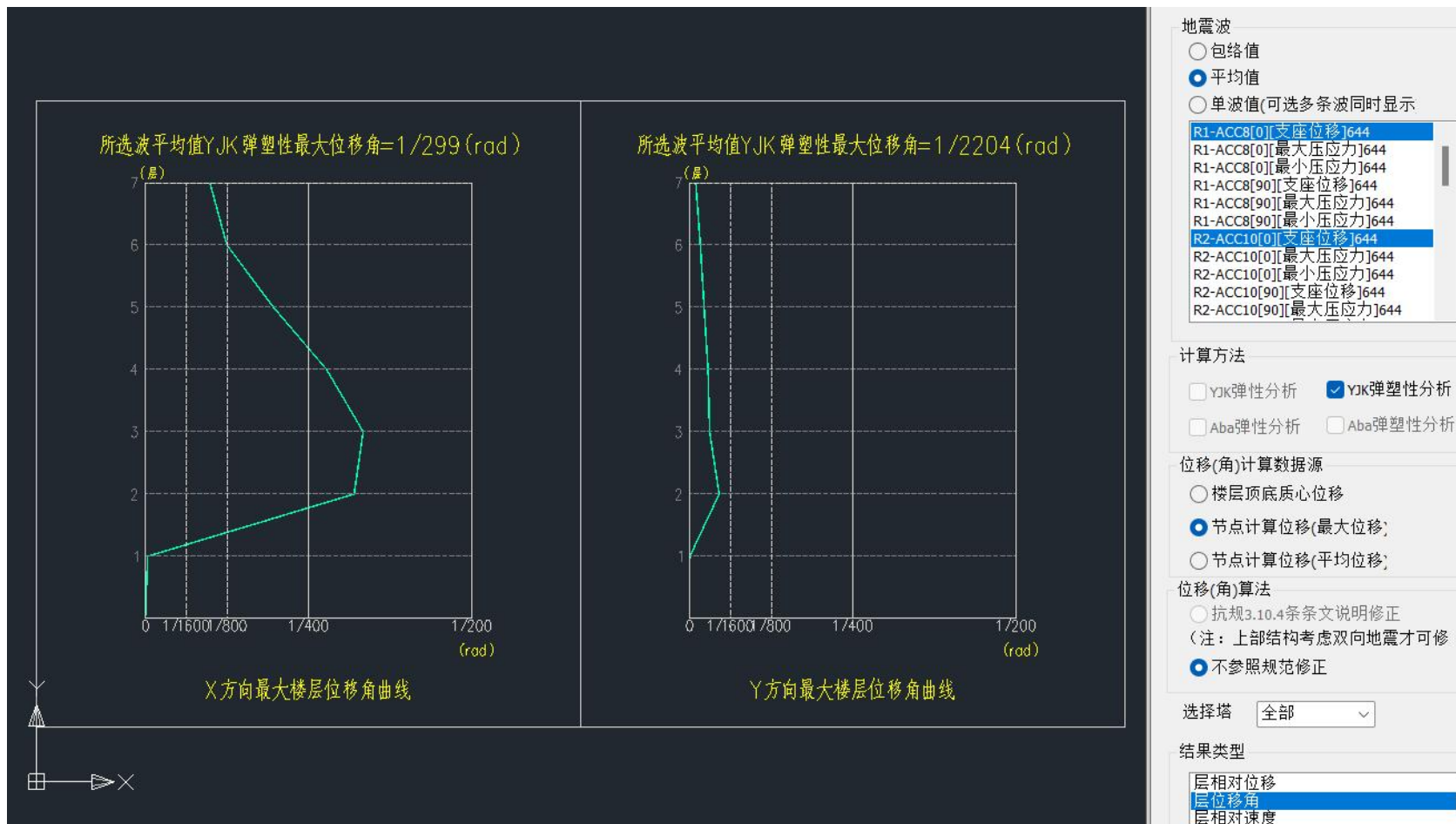
定义四个角部上支墩和下支墩等构件为重要构件，弹塑性分析完成，可查看相应构件的PMM曲面、承载力富余曲线和滞回曲线。



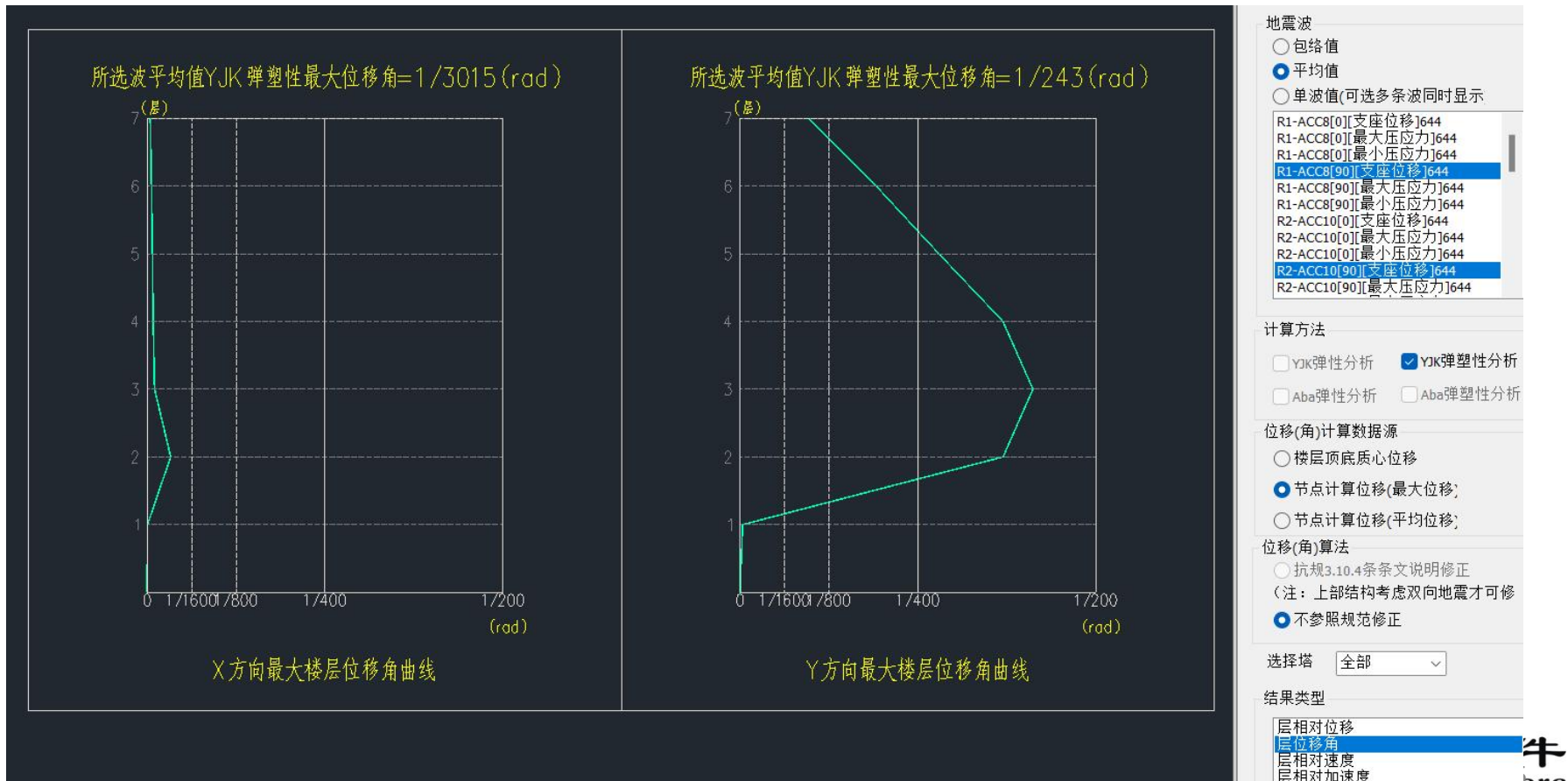
09 EP弹塑性分析结果



9.1 X向大震弹塑性位移角

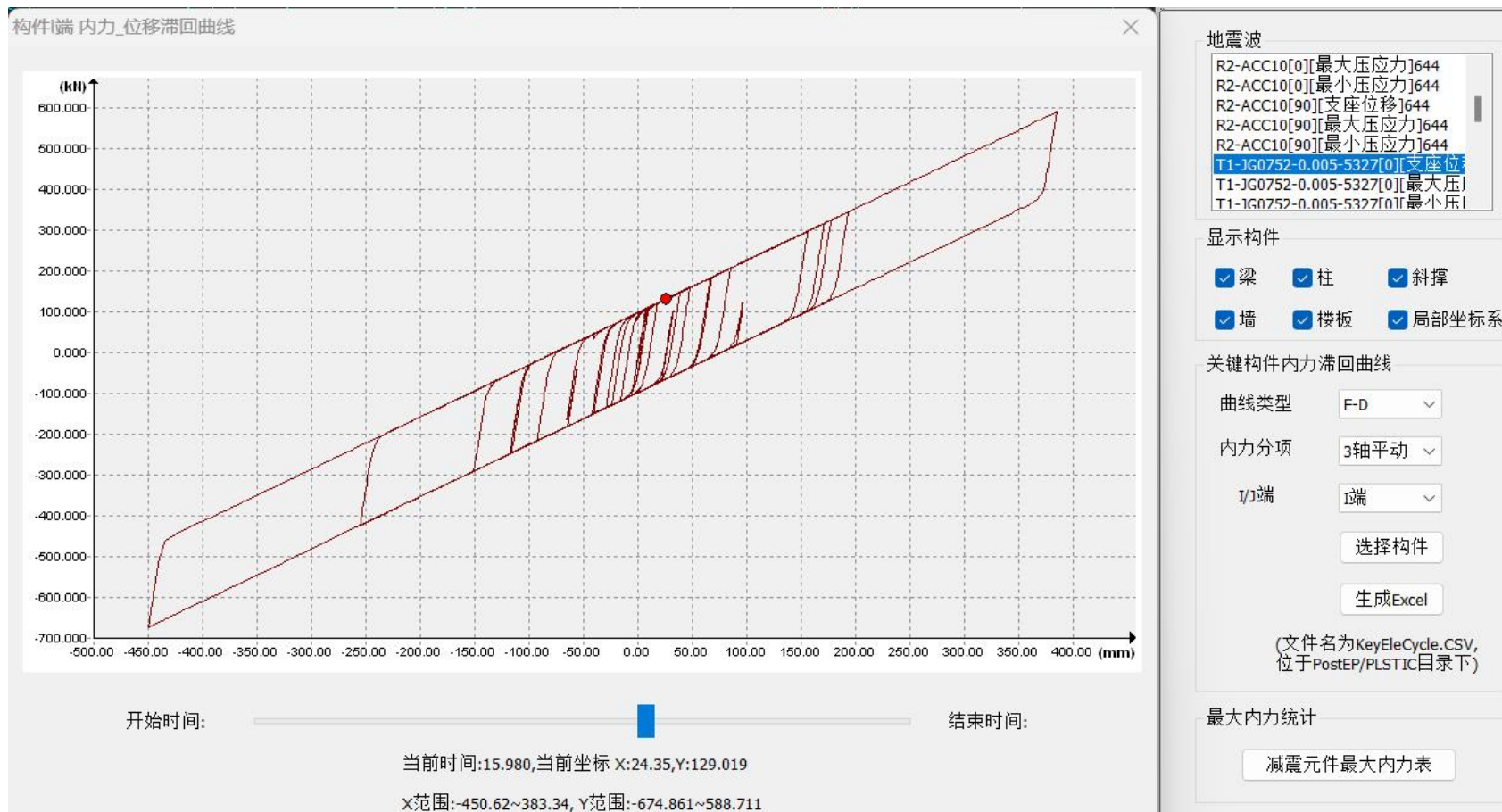


9.2 Y向大震弹塑性位移角



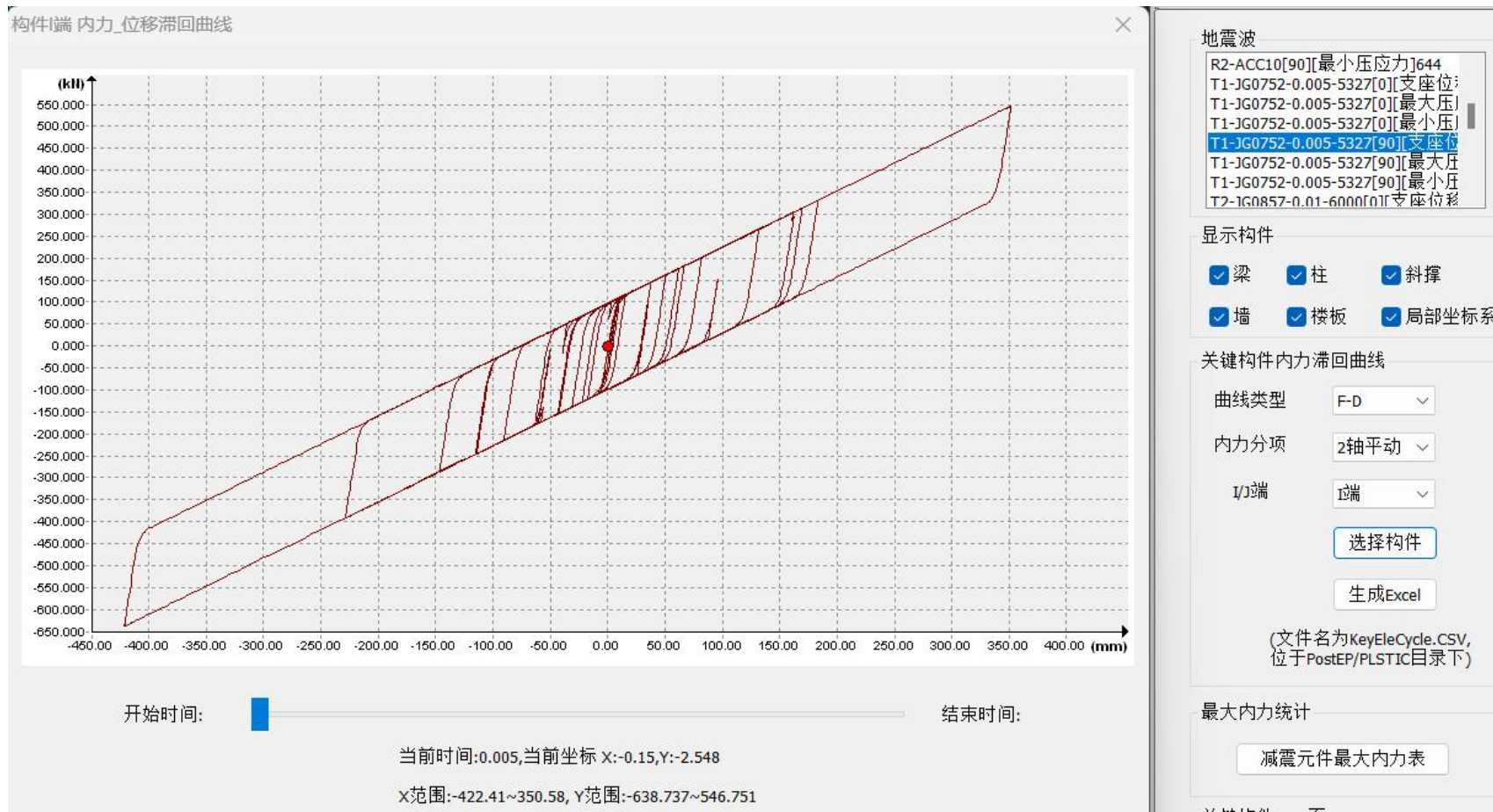
9.3 隔震支座滞回曲线

此处以右下角隔震支座为例查看滞回曲线，U2为整体坐标系Y方向，U3为整体坐标系X方向。

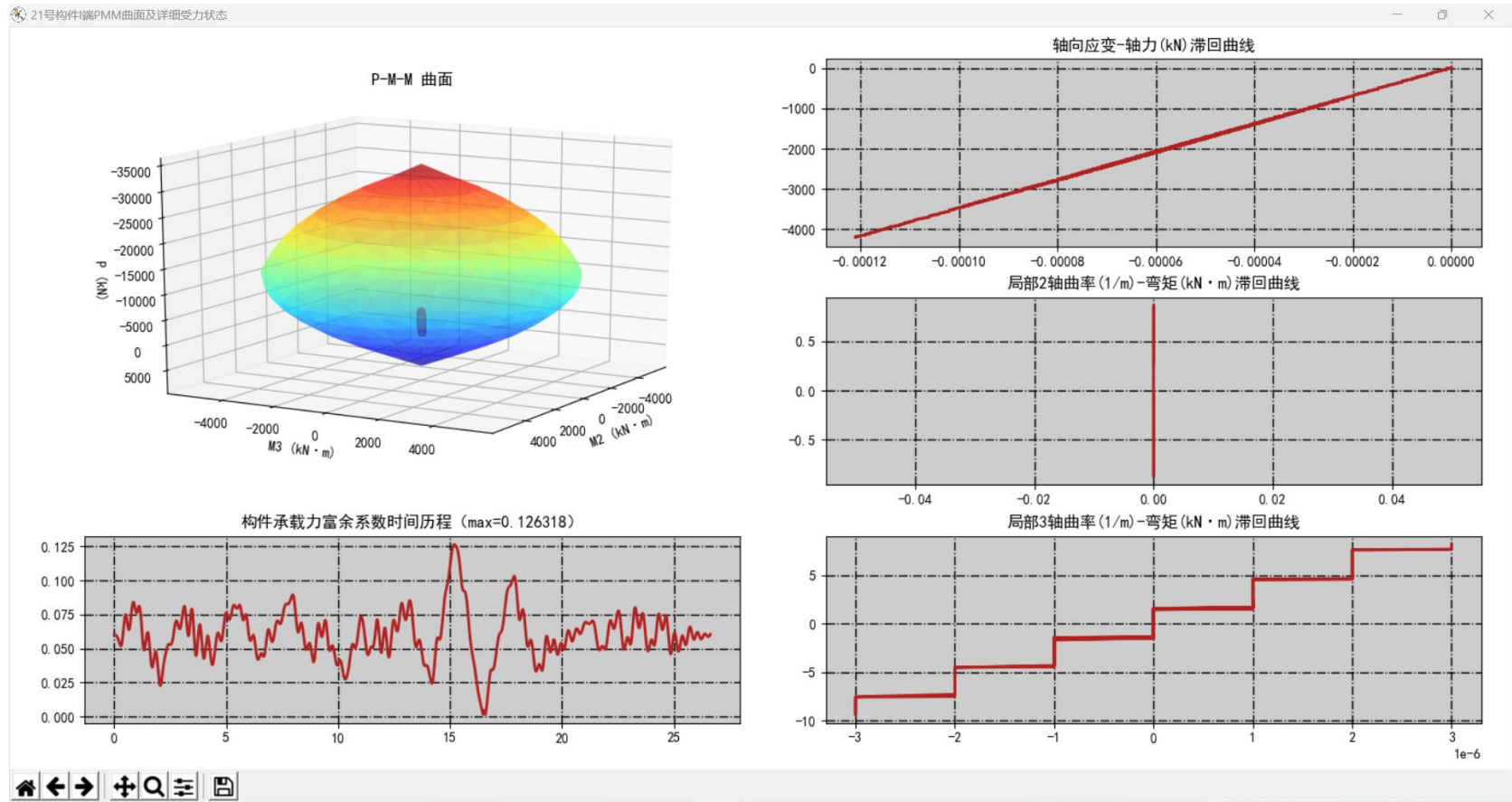


9.4 隔震支座滞回曲线

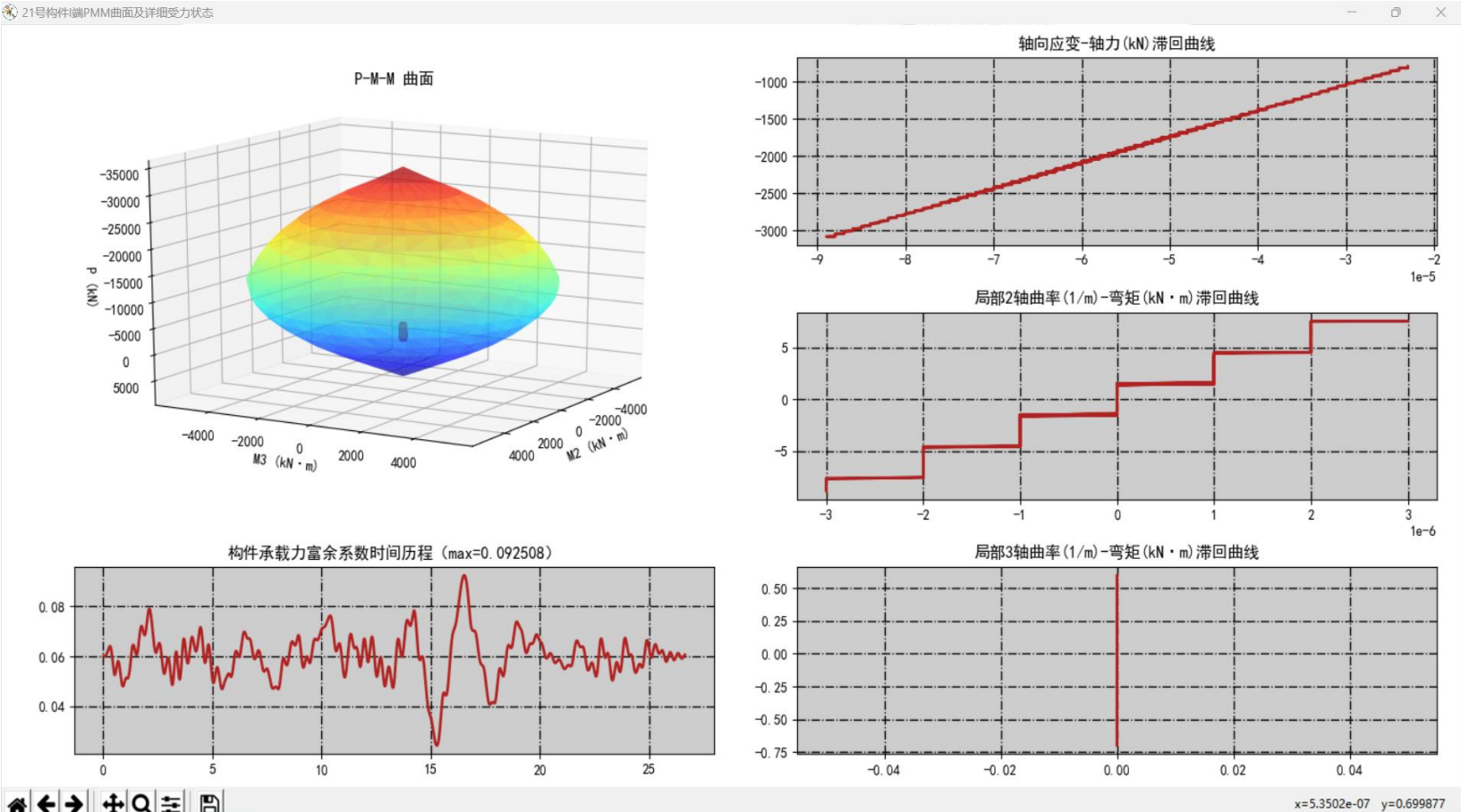
此处以右下角隔震支座为例查看滞回曲线，U2为整体坐标系Y方向，U3为整体坐标系X方向。



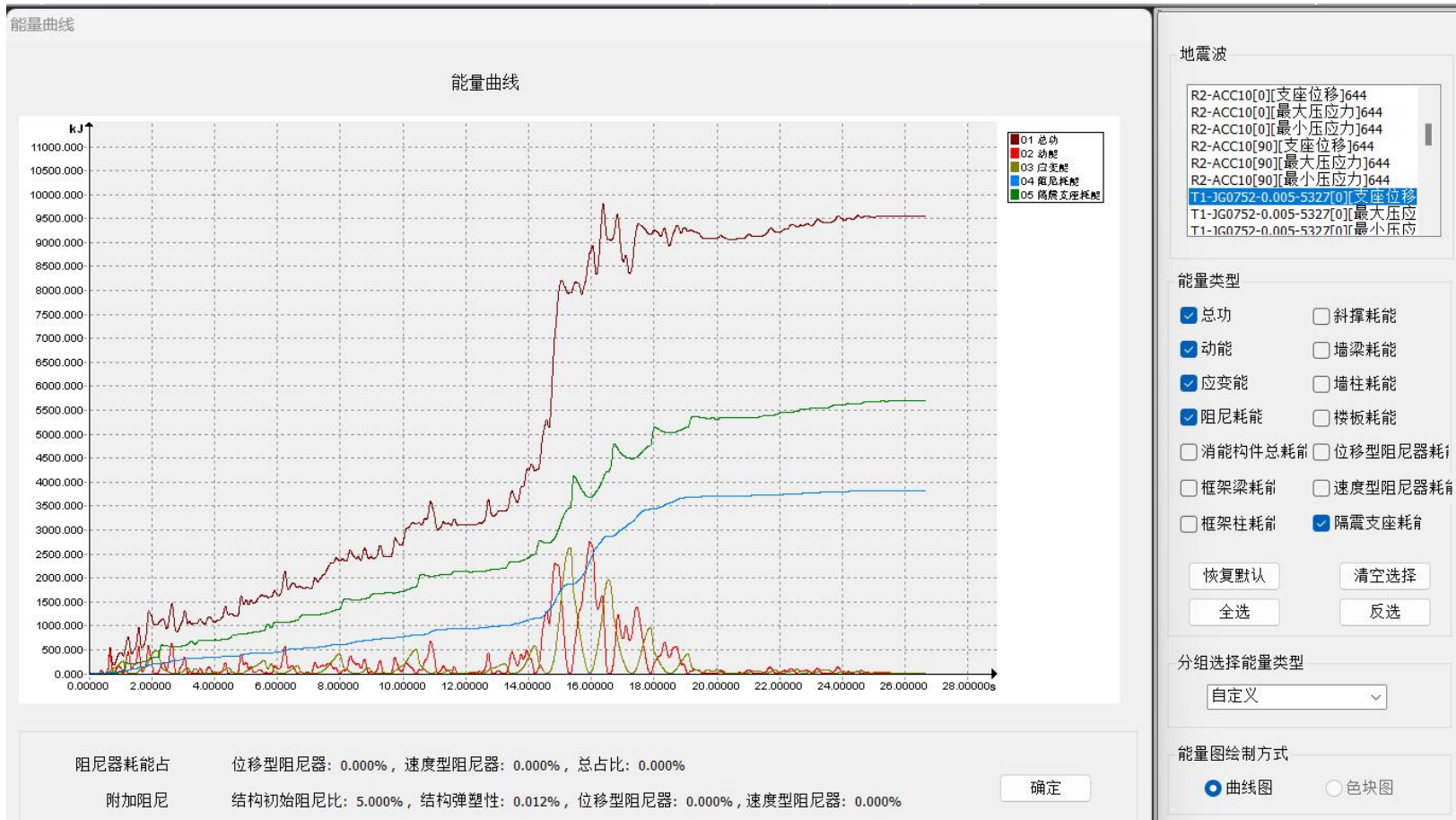
9.5 关键构件PMM曲面和滞回曲线：此处以右下角下支墩为例查看T1-X向的结果，由承载力富余曲线可知，承载力富余系数最大值为0.126318，可见大震下此支墩承载力富余较大，未出现损伤。



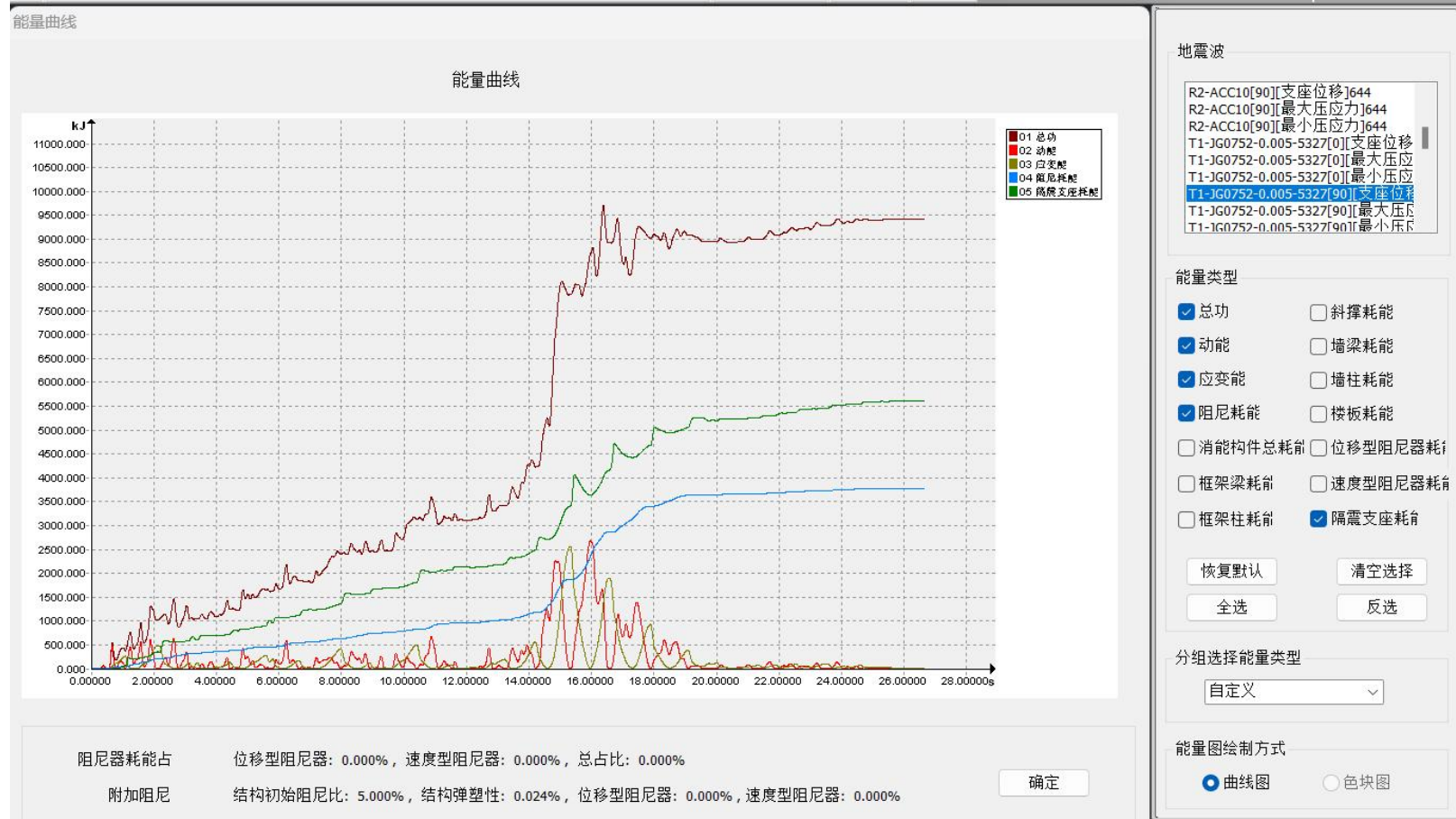
9.6 关键构件PMM曲面和滞回曲线：此处以右下角下支墩为例查看T1-Y向的结果，由承载力富余曲线可知，承载力富余系数最大值为0.092508，可见大震下此支墩承载力富余较大，未出现损伤。



9.7 隔震支座耗能：T1-X向地震工况下隔震支座耗能如下所示，支座耗能明显，占比较大，通过柔性隔震层吸收较大的地震能量，减少上部结构的地震能量输入，从而减少损伤。

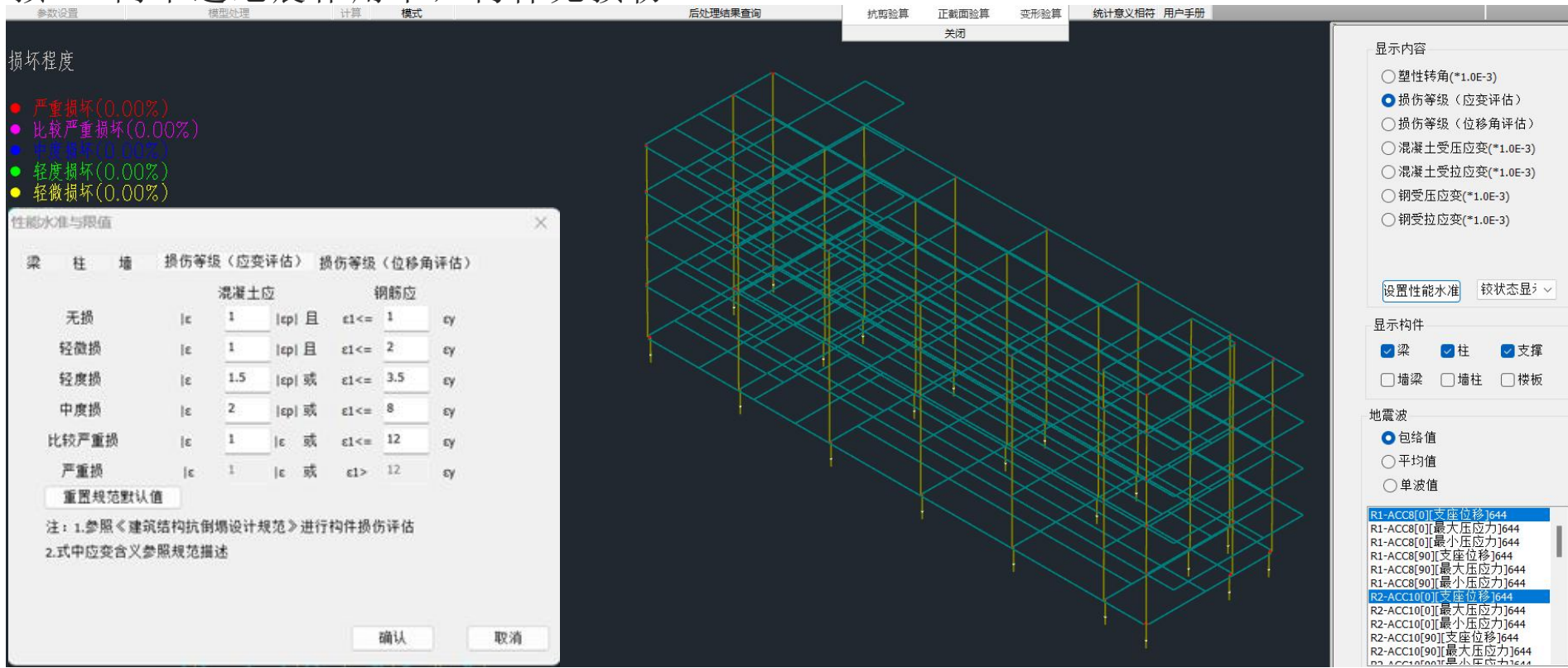


9.8 隔震支座耗能：T1-Y向地震工况下隔震支座耗能如下所示，支座耗能明显，占比较大，通过柔性隔震层吸收较大的地震能量，减少上部结构的地震能量输入，从而减少损伤。



9.9 X向大震弹塑性损伤程度评估

此处采用《建筑结构抗倒塌设计规范》进行构件损伤评估，规范是按照混凝土和钢筋的应变评价构件的损伤程度，软件已经按照规范要求的默认限值取值，也可人为进行干预。X向罕遇地震作用下，构件无损伤。



损坏程度

- 严重损坏(0.00%)
- 比较严重损坏(0.00%)
- 中度损坏(0.00%)
- 轻度损坏(0.00%)
- 轻微损坏(0.00%)

性能水准与限值

梁	柱	墙	损伤等级 (应变评估)		损伤等级 (位移角评估)	
			混凝土应	钢筋应	混凝土应	钢筋应
无损	c	1	ep 且	$\epsilon_1 \leq 1$	cy	
轻微损	c	1	ep 且	$\epsilon_1 \leq 2$	cy	
轻度损	c	1.5	ep 或	$\epsilon_1 \leq 3.5$	cy	
中度损	c	2	ep 或	$\epsilon_1 \leq 8$	cy	
比较严重损	c	1	c 或	$\epsilon_1 \leq 12$	cy	
严重损	c	1	c 或	$\epsilon_1 > 12$	cy	

重置规范默认值

注：1.参照《建筑结构抗倒塌设计规范》进行构件损伤评估
2.式中应变含义参照规范描述

显示内容

- 塑性转角(*1.0E-3)
- 损伤等级 (应变评估)
- 损伤等级 (位移角评估)
- 混凝土受压应变(*1.0E-3)
- 混凝土受拉应变(*1.0E-3)
- 钢受压应变(*1.0E-3)
- 钢受拉应变(*1.0E-3)

设置性能水准 较状态显示

显示构件

- 梁
- 柱
- 支撑
- 墙梁
- 墙柱
- 楼板

地震波

- 包络值
- 平均值
- 单波值

R1-ACC8[0][支座位移]644
R1-ACC8[0][最大压应力]644
R1-ACC8[0][最小压应力]644
R1-ACC8[90][支座位移]644
R1-ACC8[90][最大压应力]644
R1-ACC8[90][最小压应力]644
R2-ACC10[0][支座位移]644
R2-ACC10[0][最大压应力]644
R2-ACC10[0][最小压应力]644
R2-ACC10[90][支座位移]644
R2-ACC10[90][最大压应力]644
R2-ACC10[90][最小压应力]644

9.10 Y向大震弹塑性损伤程度评估

此处采用《建筑结构抗倒塌设计规范》进行构件损伤评估，规范是按照混凝土和钢筋的应变评价构件的损伤程度，软件已经按照规范要求的默认限值取值，也可人为进行干预。Y向罕遇地震作用下，极少数柱出现轻微损坏。

性能水准与限值

梁	柱	墙	损伤等级 (应变评估)			损伤等级 (位移角评估)		
			混凝土应			钢筋应		
无损	ϵ	1	ϵ 且	$\epsilon_1 \leq$	1	ϵ_y		
轻微损	ϵ	1	ϵ 且	$\epsilon_1 \leq$	2	ϵ_y		
轻度损	ϵ	1.5	ϵ 或	$\epsilon_1 \leq$	3.5	ϵ_y		
中度损	ϵ	2	ϵ 或	$\epsilon_1 \leq$	8	ϵ_y		
比较严重损	ϵ	1	ϵ	或	$\epsilon_1 \leq$	12	ϵ_y	
严重损	ϵ	1	ϵ	或	$\epsilon_1 >$	12	ϵ_y	

重置规范默认值

注：1. 参照《建筑结构抗倒塌设计规范》进行构件损伤评估
2. 式中应变含义参照规范描述

显示内容

- 塑性转角(*1.0E-3)
- 损伤等级 (应变评估)
- 损伤等级 (位移角评估)
- 混凝土受压应变(*1.0E-3)
- 混凝土受拉应变(*1.0E-3)
- 钢受压应变(*1.0E-3)
- 钢受拉应变(*1.0E-3)

设置性能水准 较状态显示

显示构件

- 梁
- 柱
- 支撑
- 墙梁
- 墙柱
- 楼板

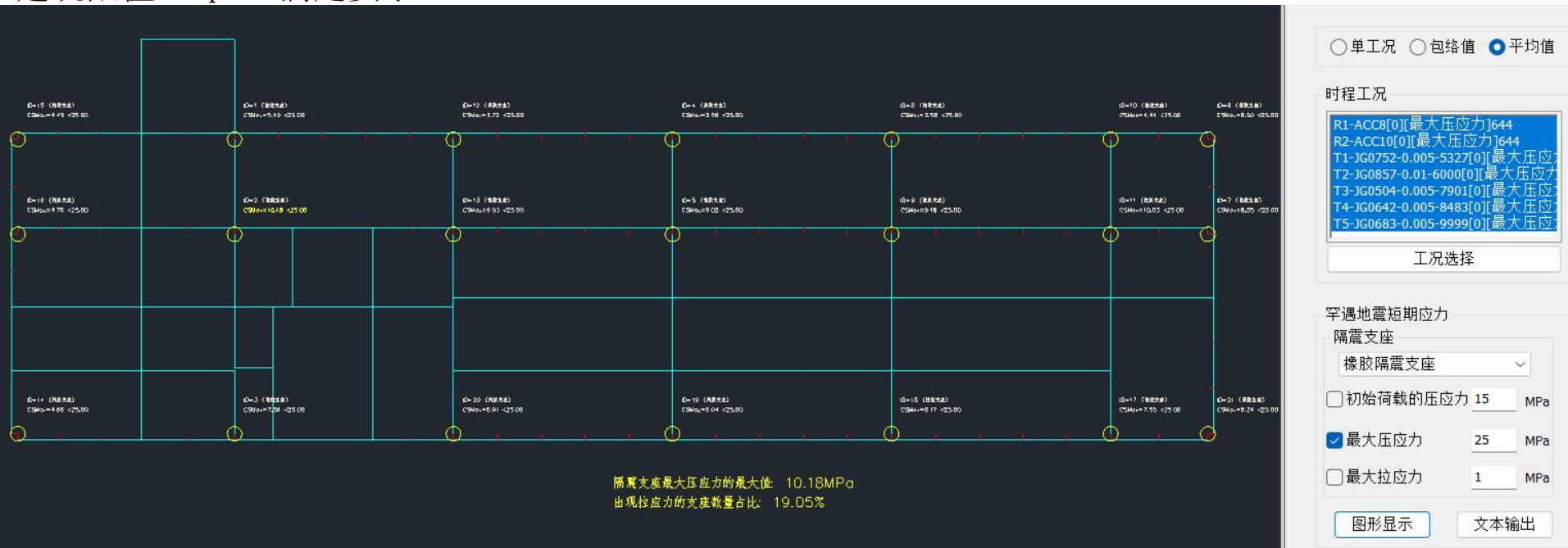
地震波

- 包络值
- 平均值
- 单波值

R1-ACC8[0][支座位移]644
R1-ACC8[0][最大压应力]644
R1-ACC8[0][最小压应力]644
R1-ACC8[90][支座位移]644
R1-ACC8[90][最大压应力]644
R1-ACC8[90][最小压应力]644
R2-ACC10[0][支座位移]644
R2-ACC10[0][最大压应力]644
R2-ACC10[0][最小压应力]644
R2-ACC10[90][支座位移]644
R2-ACC10[90][最大压应力]644

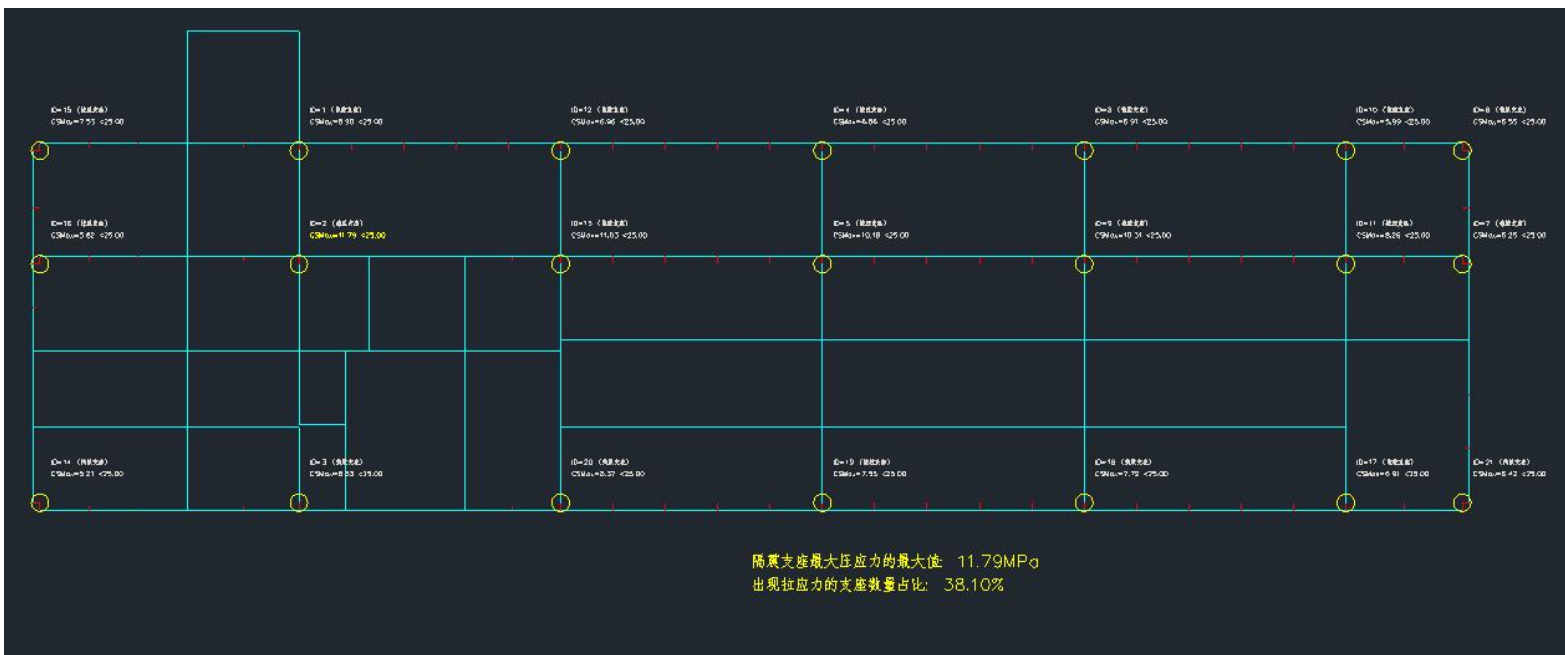
9.11 隔震支座最大压应力

选择所有X方向最大压应力工况的平均值，根据《隔标》6.2.1条表6.2.1-1要求，乙类建筑最大压应力限值为25Mpa，图中以黄色显示最大压应力值出现的位置，最大压应力为10.18Mpa，小于乙类建筑限值25Mpa，满足要求。



9.12 隔震支座自大压应力

选择所有Y方向最大压应力工况的平均值，根据《隔标》6.2.1条表6.2.1-1要求，乙类建筑最大压应力限值为25Mpa，图中以黄色显示最大压应力值出现的位置，最大压应力为11.79Mpa，小于乙类建筑限值25Mpa，满足要求。



单工况 包络值 平均值

时程工况

- R1-ACC8[90][最大压应力]644
- R2-ACC10[90][最大压应力]644
- T1-JG0752-0.005-5327[90][最大压应力]
- T2-JG0857-0.01-6000[90][最大压应力]
- T3-JG0504-0.005-7901[90][最大压应力]
- T4-JG0642-0.005-8483[90][最大压应力]
- T5-JG0683-0.005-9999[90][最大压应力]

工况选择

罕遇地震短期应力

隔震支座

橡胶隔震支座

初始荷载的压应力 15 MPa

最大压应力 25 MPa

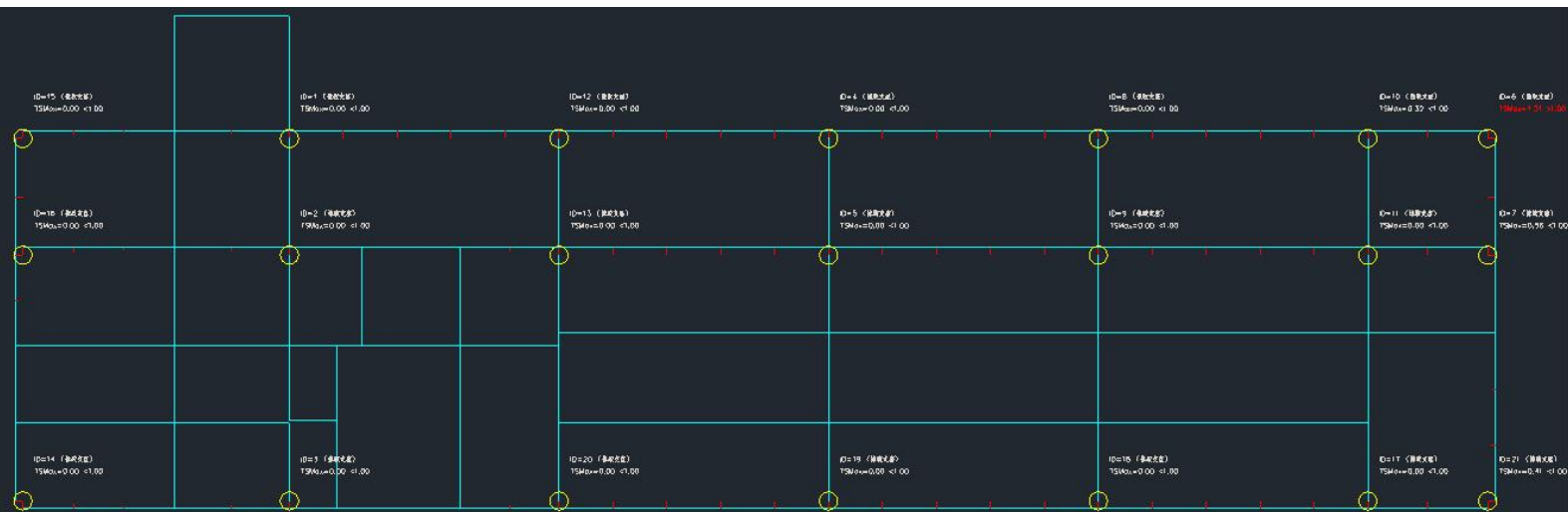
最大拉应力 1 MPa

图形显示 文本输出



9.13 隔震支座最大拉应力

选择所有X方向最大拉应力工况的平均值，根据《隔标》6.2.1条表6.2.1-4要求，乙类建筑最大拉应力限值为1Mpa，且同一地震动加速度时程曲线作用下出现拉应力的支座数量不宜超过支座总数的30%。图中最大拉应力值出现在右上角支座，最大拉应力为1.31Mpa，大于乙类建筑限值1Mpa，不满足要求，出现拉应力的支座数量占比为23.81%，满足要求。



隔震支座最大拉应力的最大值: 1.31MPa
出现拉应力的支座数量占比: 23.81%

单工况 包络值 平均值

时程工况

R1-ACC8[0][最小压应力]644
R2-ACC10[0][最小压应力]644
T1-JG0752-0.005-5327[0][最小压应力]
T2-JG0857-0.01-6000[0][最小压应力]
T3-JG0504-0.005-7901[0][最小压应力]
T4-JG0642-0.005-8483[0][最小压应力]
T5-JG0683-0.005-9999[0][最小压应力]

工况选择

罕遇地震短期应力

隔震支座

橡胶隔震支座

初始荷载的压应力 15 MPa

最大压应力 25 MPa

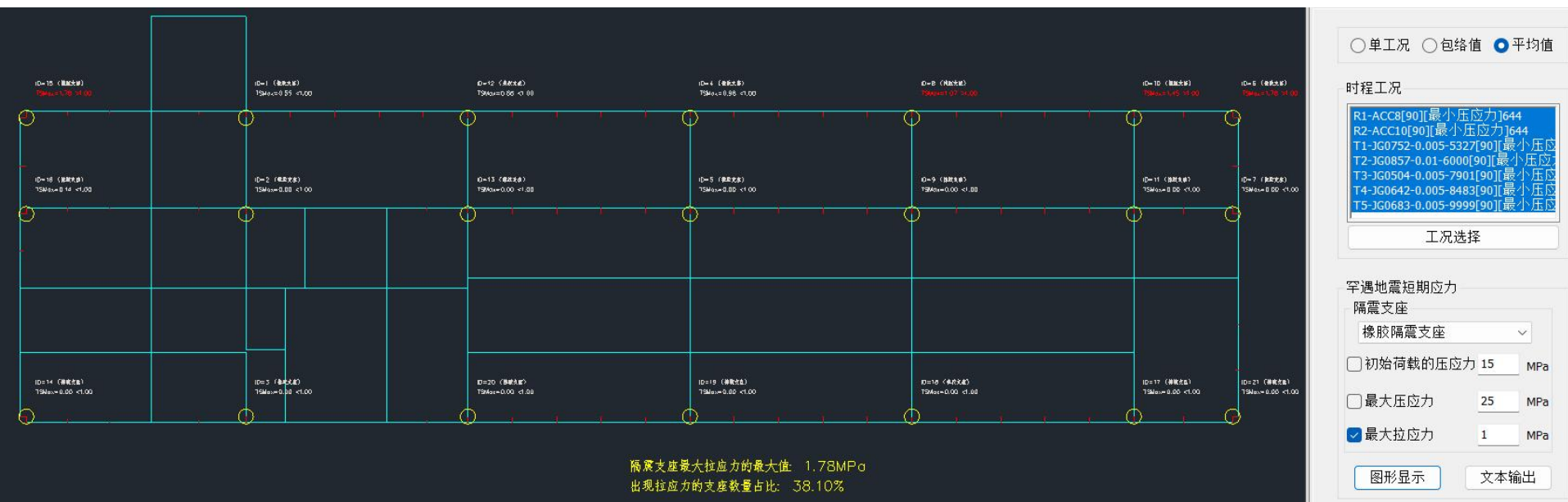
最大拉应力 1 MPa

图形显示

文本输出

9.14 隔震支座最大拉应力

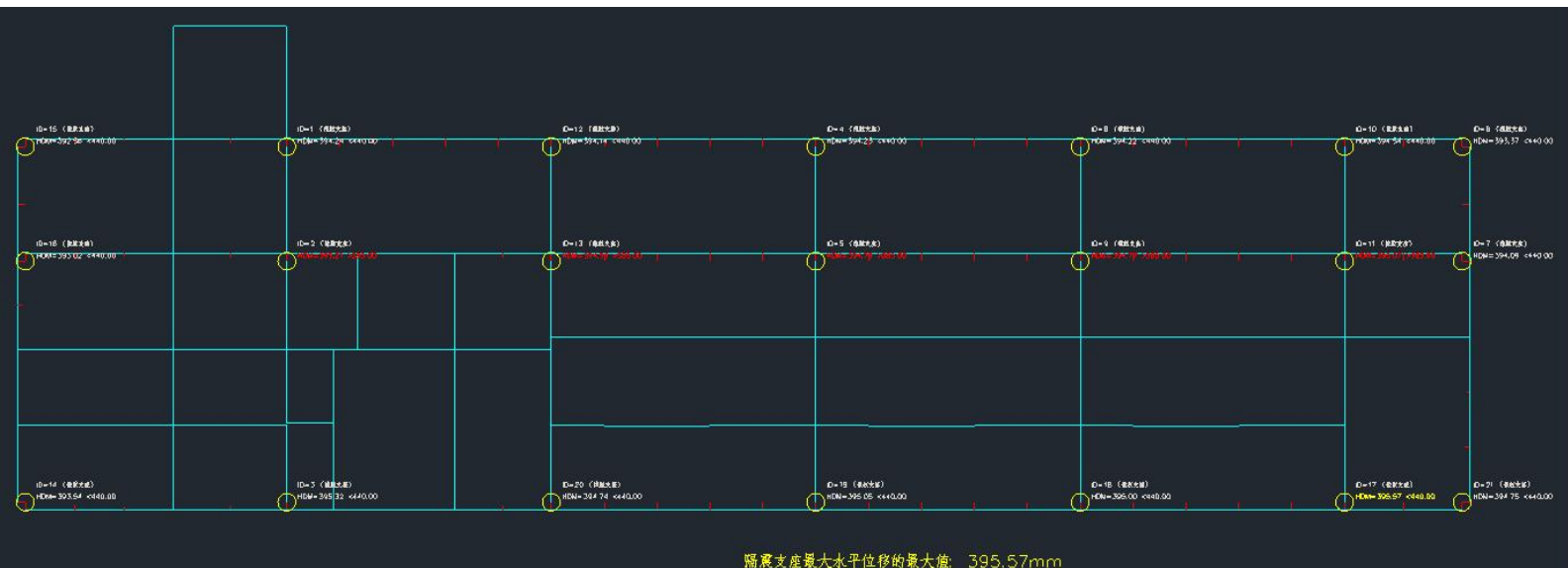
选择所有Y方向最大拉应力工况的平均值，根据《隔标》6.2.1条表6.2.1-4要求，乙类建筑最大拉应力限值为1Mpa，且同一地震动加速度时程曲线作用下出现拉应力的支座数量不宜超过支座总数的30%。图中最大拉应力值出现在右上角支座，最大拉应力为1.78Mpa，大于乙类建筑限值1Mpa，不满足要求，且出现拉应力的支座数量占比达到38.10%，不满足要求。



9.15 隔震支座位移

选择所有X方向位移工况的平均值，根据《隔标》4.6.6条要求，隔震橡胶支座的位移限值 $[u_{hi}]$ 不应大于支座直径的0.55倍和各层橡胶厚度之和3.0倍二者的较小值。

$[u_{hi}] = \min(0.55D, 3Tr) = (0.55 \times 700, 3 \times 129) = (385, 387) = 385\text{mm}$ 。图中最大支座位移为395.57mm，大于规范限值要求的385mm，不满足要求。



工况选择

时程工况

- R1-ACC8[0][支座位移]644
- R2-ACC10[0][支座位移]644
- T1-JG0752-0.005-5327[0][支座位移]644
- T2-JG0857-0.01-6000[0][支座位移]644
- T3-JG0504-0.005-7901[0][支座位移]644
- T4-JG0642-0.005-8483[0][支座位移]644
- T5-JG0683-0.005-9999[0][支座位移]644

罕遇地震短期应力

隔震支座

橡胶隔震支座

初始荷载的压应力 15 MPa

最大压应力 25 MPa

最大拉应力 1 MPa

图形显示 文本输出

罕遇地震水平位移

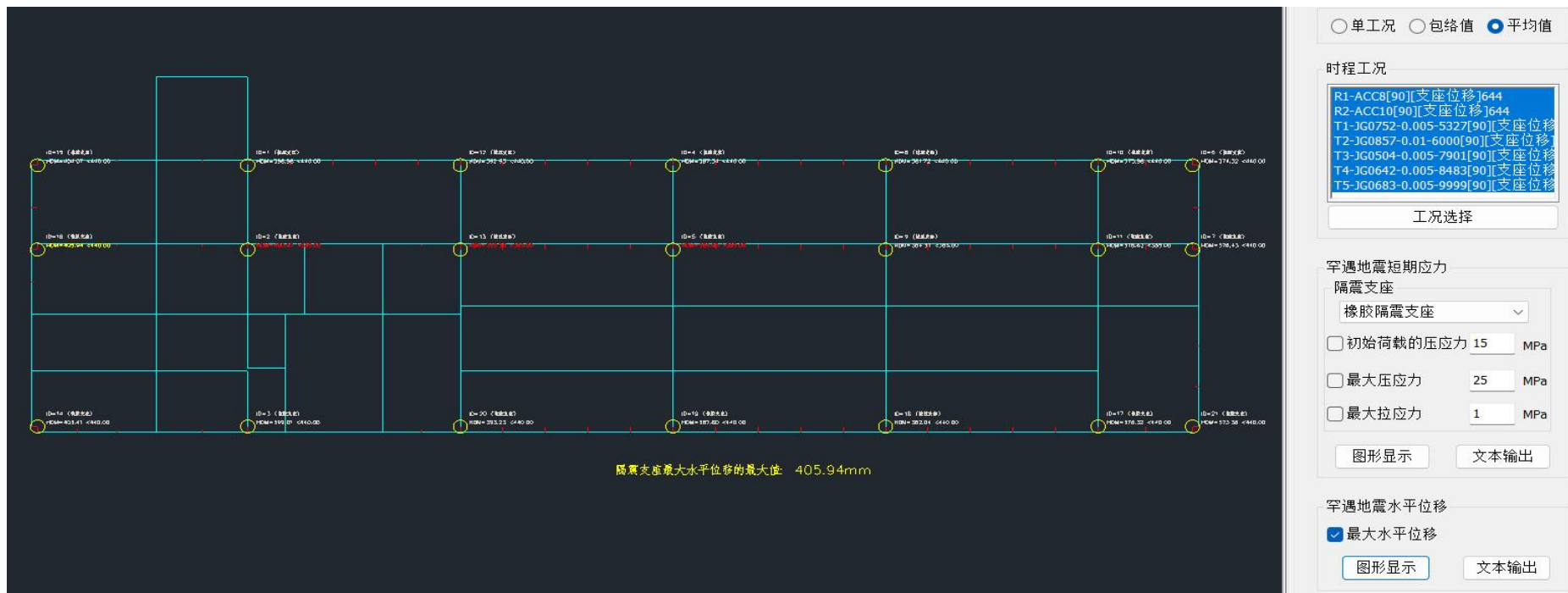
最大水平位移

图形显示 文本输出

9.16 隔震支座位移

选择所有Y方向位移工况的平均值，根据《隔标》4.6.6条要求，隔震橡胶支座的位移限值 $[u_{hi}]$ 不应大于支座直径的0.55倍和各层橡胶厚度之和3.0倍二者的较小值。

$[u_{hi}] = \min(0.55D, 3Tr) = (0.55 \times 700, 3 \times 129) = (385, 387) = 385\text{mm}$ 。图中最大支座位移为405.94mm，大于规范限值要求的385mm，不满足要求。



9.17 大震弹塑性时程分析抗倾覆验算

隔震结构整体抗倾覆验算报告

通过验算的原则：抗倾覆力矩/倾覆力矩=安全系数 ≥ 1.1

工况1: R1-ACC8[0][支座位移]644

隔震层	楼号	抗倾覆力矩/X向	抗倾覆力矩/Y向	倾覆力矩/X向	倾覆力矩/Y向	安全系数/X向	安全系数/Y向	是否满足/X向	是否满足/Y向
2	2	1.0758e+006	288157	833.155	117503	1291.23	2.45233	满足	满足
	3	851383	228047	810.8	101230	1050.05	2.25277	满足	满足
	4	638990	171157	646.656	59896	988.144	2.85757	满足	满足
	5	429702	115099	429.847	31087.7	999.663	3.70239	满足	满足
	6	220415	59041	203.767	10955.9	1081.7	5.38897	满足	满足
	7	14006.9	3752.19	56.5841	552.216	247.542	6.79478	满足	满足

工况2: R1-ACC8[0][最大压应力]644

隔震层	楼号	抗倾覆力矩/X向	抗倾覆力矩/Y向	倾覆力矩/X向	倾覆力矩/Y向	安全系数/X向	安全系数/Y向	是否满足/X向	是否满足/Y向
2	2	1.0758e+006	288157	2917.78	116225	368.704	2.47931	满足	满足
	3	851383	228047	2810.85	100006	302.891	2.28034	满足	满足
	4	638990	171157	2343.38	59612.1	272.679	2.87118	满足	满足
	5	429702	115099	1742.07	31781.8	246.662	3.62154	满足	满足
	6	220415	59041	1104.16	11630.8	199.623	5.07629	满足	满足
	7	14006.9	3752.19	49.6175	567.411	282.298	6.61282	满足	满足

工况3: R1-ACC8[0][最小压应力]644

隔震层	楼号	抗倾覆力矩/X向	抗倾覆力矩/Y向	倾覆力矩/X向	倾覆力矩/Y向	安全系数/X向	安全系数/Y向	是否满足/X向	是否满足/Y向
2	2	1.0758e+006	288157	3570.47	115468	301.304	2.49556	满足	满足
	3	851383	228047	3259.88	99433.1	261.17	2.29347	满足	满足
	4	638990	171157	2821.13	60215.9	226.501	2.84239	满足	满足
	5	429702	115099	2194.07	32220.3	195.847	3.57225	满足	满足

9.18 大震弹塑性时程分析恢复力验算

隔震层恢复力水平验算报告

验算依据：按照隔标4.6.1条第4款，当隔震层采用隔震支座和阻尼器时，应使隔震层在地震后基本恢复原位，隔震层在罕遇地震作用下的水平最大位移所对应的恢复力，不宜小于隔震层屈服力与摩阻力之和的1.2倍。

工况1: R1-ACC8[0][支座位移]644

塔号	隔震层号	恢复力/X向	1.2*(屈服力+摩阻力)/X向	恢复力/Y向	1.2*(屈服力+摩阻力)/Y向	是否满足/X向	是否满足/Y向
1	2	10740.9	1291.6	31.1694	1291.6	满足	不满足

工况2: R1-ACC8[0][最大压应力]644

塔号	隔震层号	恢复力/X向	1.2*(屈服力+摩阻力)/X向	恢复力/Y向	1.2*(屈服力+摩阻力)/Y向	是否满足/X向	是否满足/Y向
1	2	10739.5	1291.6	32.4219	1291.6	满足	不满足

工况3: R1-ACC8[0][最小压应力]644

塔号	隔震层号	恢复力/X向	1.2*(屈服力+摩阻力)/X向	恢复力/Y向	1.2*(屈服力+摩阻力)/Y向	是否满足/X向	是否满足/Y向
1	2	10739.2	1291.6	39.5826	1291.6	满足	不满足

工况4: R1-ACC8[90][支座位移]644

塔号	隔震层号	恢复力/X向	1.2*(屈服力+摩阻力)/X向	恢复力/Y向	1.2*(屈服力+摩阻力)/Y向	是否满足/X向	是否满足/Y向
1	2	59.8602	1291.6	10730	1291.6	不满足	满足

THE END

