

# 佳构 STRAT 弹塑性时程高端分析功能

## 【内容提要】

佳构 STRAT 软件持续不断发展，近期开发出多项高端功能，满足特殊工程的分析计算要求。

## 1、行波效应与基底激振功能

地层内传播的地震波，首先作用于建筑结构的基础，然后沿结构高度向上传播——地震波对结构的作用，有一个从底到顶的传播过程。此外，地震波的传播速度约 100m/s 量级，对于平面较大的结构，例如桥梁、体育场，地震波从结构一端到另一端的传播时间已经与场地特征周期处于同一量级，使结构不同部位的地震作用存在相位差。

但绝大多数直接施加地震波的结构时程分析，不是按照这个传播过程计算，而是对结构所有质点，同时施加地震波加速度形成节点地震力。这种处理方式，可以直接采用恒活重力、风载、振型模态及地震反应谱计算相同的计算模型，即“基底嵌固假定”的模型。

如果考虑地震波的基底作用，需要另外采取处理措施。例如在基底施加较大质量块、附设大刚度弹簧等，以实现存在刚体位移前提下的结构动力响应分析。

佳构软件采用假定较少的动位移方法，即对地震波积分得到位移，作用与结构基础与底层直接接触的节点。

如果考虑行波效应，设置行波的方向、地震波传播速度，程序将根据不同柱底点的位置，施加具有时间相位差的地震位移。

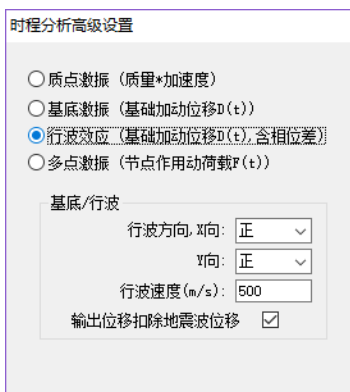


图 1、基底激振、行波效应参数设置

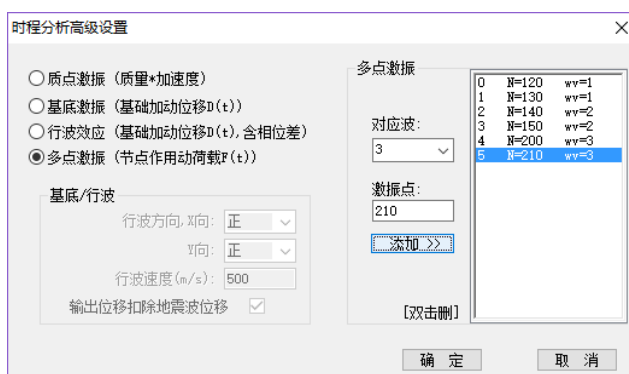


图 2、多点激振参数设置

## 2、多点激振功能，解析函数输入变频动荷载

不同于地震作用是对结构整体的作用，当考虑楼面动力设备的振动作用、活楼面行人对楼盖的振动影响，此时的动荷载作用于结构的局部，且可能多个点同时施加不同振动荷载。

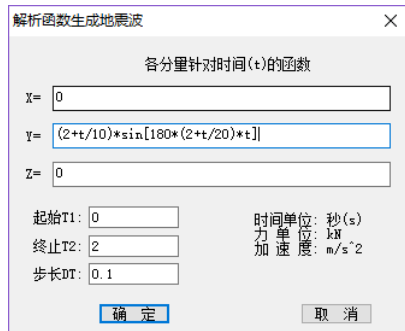
佳构软件的多点激振设置见图 2。软件可以同时多个点、同时施加同一波或不同动荷载。

对于大型设备基础而言，其动荷载是变频、变幅的复杂过程。例如在设备启动时，先低频运行一段时间，然后转动加速(变频过程)到较高的速度运行一段时间，然后再加速。动力设备的动荷载输

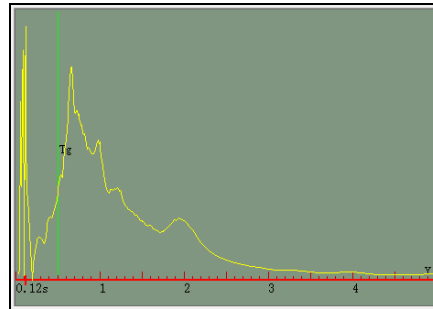
入是非常繁琐的。

佳构软件具有“解析函数”输入动力荷载波的功能。可以直接通过输入波的函数表达式，形成荷载波。函数表达式的频率、振幅等值，均可以是时间的一次、二次函数，甚至是正弦、指数等更复杂形式的时间函数。例如软件的这项功能，可以很容易实现任意复杂动力荷载的定义。

图 3 显示了一个变频动力设备动荷载的输入过程。



直接输入描述波形的解析函数



变频波的频谱特性

序	名称	Tg	场地	间隔	持时	点数	类型
1	变频波	0.5	IV	0.1	50	500	F
2	ALTADENA	0.39	II	0.02	40	2000	An
3	ARRAYOC	0.6	III	0.02	78.2	3910	An
4	BAJA-CALI-31	0.7	IV	0.02	89.72	4486	An
5	BAJA-CALI-34	0.72	IV	0.02	87.96	4398	An
6	BORREGO-MOUNT-118	0.4	II	0.02	44.88	2244	An
7	BORREGO-MOUNT-55	0.9	IV	0.02	87.26	4363	An
8	BORREGO-MOUNT-58	0.9	IV	0.02	78.94	3947	An
9	CHYO16N-2	0.72	IV	0.02	79.98	3999	An
10	CORRALIT	0.37	II	0.02	40.02	2001	An
11	COU-3	0.7	IV	0.02	13.32	666	An
12	COU-4	0.7	III	0.02	13.2	660	An
13	CPC_TOPANGA	0.6	III	0.02	55.58	2779	An
14	CQDZB-10	0.45	II	0.02	191.18	9559	An
15	CQDZB-11	0.47	II	0.02	98.96	4948	An
16	CQDZB-1	0.37	II	0.02	53.8	2690	A2
17	CQDZB-2	0.32	I	0.02	53.66	2683	A2
18	CQDZB-3	0.43	III	0.02	52.34	2617	An
19	CQDZB-4	0.24	IO	0.01	95.59	9559	An
20	CQDZB-5	0.3	I	0.01	39.62	3962	An

加入佳构软件波库的变频波

图 3、解析函数输入动力设备变频荷载波

由于直接采用解析函数，具有强大适应性，可以用于定义任意类型的荷载波。例如脉冲波、冲击波，等等，见图 4。

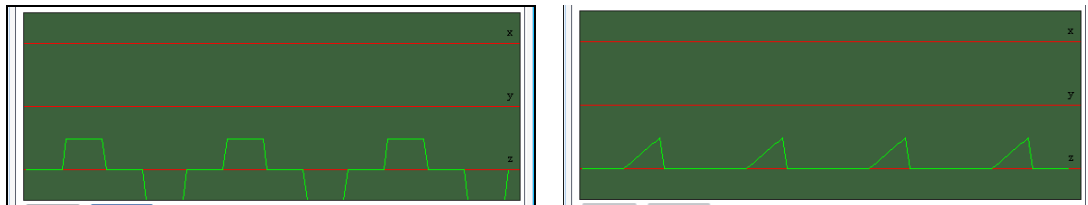


图 4、解析函数输入脉冲波、冲击波

### 3、结构抗倒塌分析

佳构软件将“时间过程”功能，与纤维模型相结合，抗倒塌过程的非线性模拟。

在时间计算过程中，激活“纤维单元”，并设置混凝土、钢材材料的非线性性能，即可实现关

键构件意外失效、拆除过程的非线性分析，检验结构的安全赘余度。如图 5 所示。

图 6 显示某复杂高耸结构，塔身外围交叉桁架是主要承力构件。为检验这种高耸结构的安全赘余度，拆除底部主承力桁架，模拟部分构件意外失效的情况。例如佳构软件，很好地模拟了构件拆除后卸载、内力重分布的非线性力学过程。

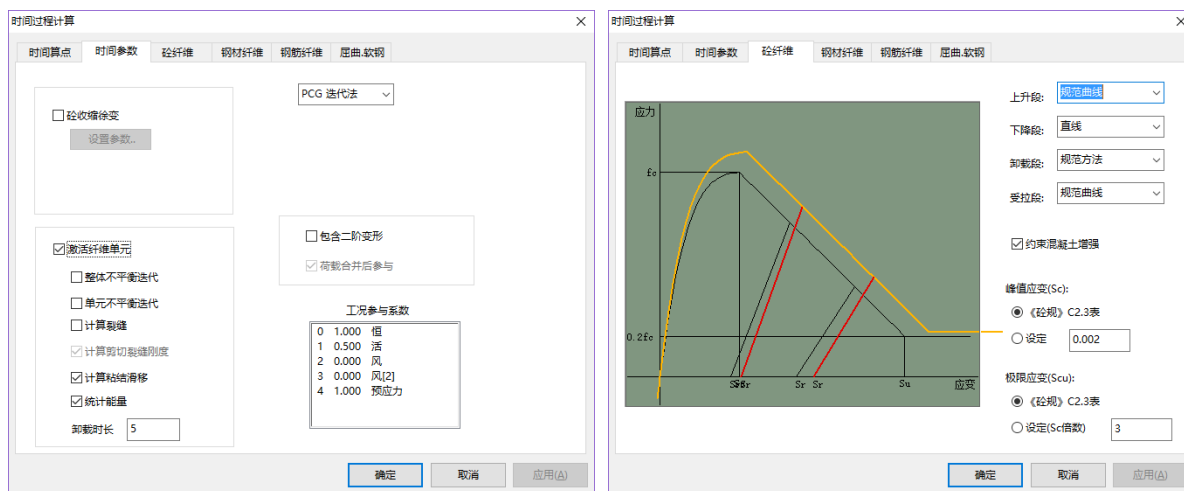


图 5、时间计算过程中“激活纤维单元”实现抗倒塌分析

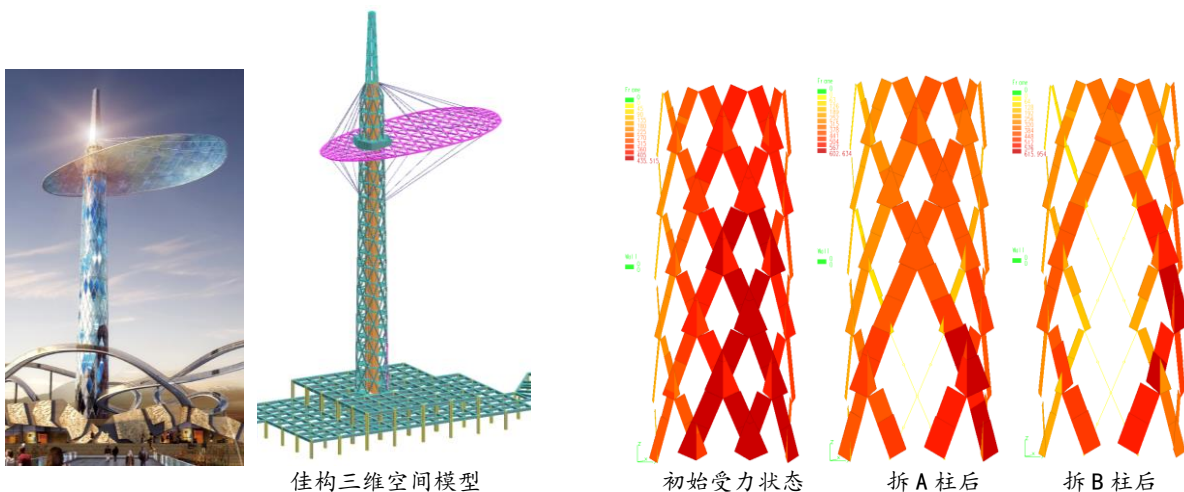


图 6、复杂高耸结构部分主承力构件拆除的非线性过程模拟

#### 4、流固耦合非线性振动分析，地下管廊大震分析

佳构 STRAT 软件实现不可压缩流体的分析计算功能，如图 7 显示佳构软件模拟的容器中的液体的晃动的过程。

城市地下管廊作为生命线工程，具有更高的抗震设计要求。地下管廊内输水管线，内部的液体，不但产生整体重力作用，而且有表面压力作用，此外存在长管线的温度作用，受力特别复杂。在地震分析中，需要考虑内部液体与管壁流固耦合作用，还需要考虑管道支架、支座的非线性摩擦受力过程。

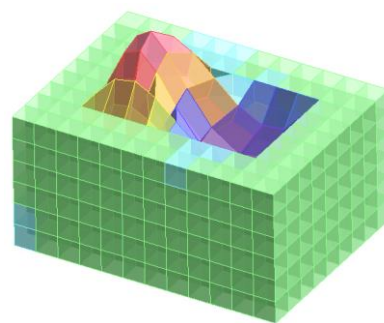


图 7、佳构软件模拟的液体晃动

佳构软件能够对地下管廊建立整体三维模型，包括土体、

管廊主体结构、管道、管道支架，还可以对管道内的液体用块体元真实建模。在大震弹性时程分析过程中，考虑管内液体的流固耦合作用，考虑支架支座的非线性摩擦滑动和耗能作用。

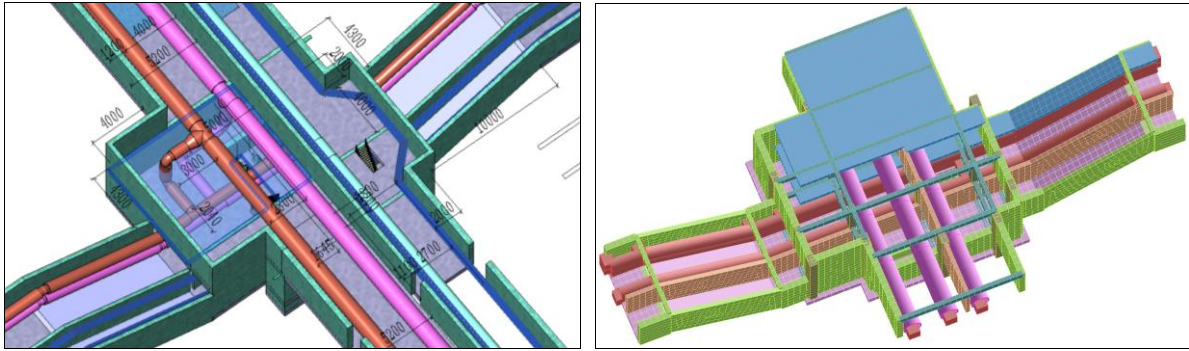


图 8、城市地下管廊，佳构软件全三维有限元模型

## 5、摩擦支座非线性耗能分析

佳构 STRAT 软件实现摩擦性阻尼的模拟(如图 9 所示)。按照设定静摩擦系数、动摩擦系数，摩擦阻尼处于静止状态、滑动摩擦状态。滑动摩擦过程中，摩擦力实现耗能。

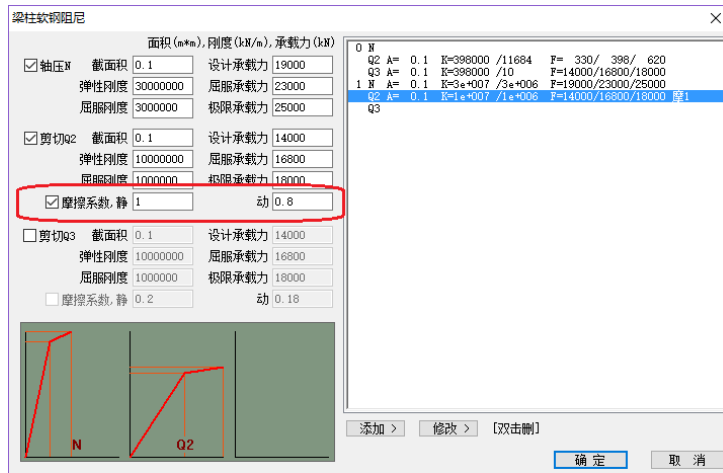


图 9、摩擦阻尼支座设置

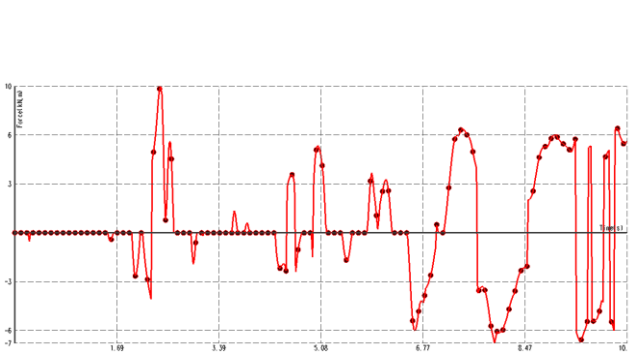


图 10、摩擦阻尼器的内力时程曲线

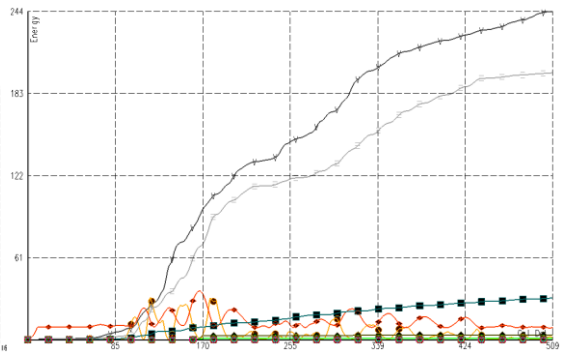


图 11、摩擦阻尼器累积耗能(—■—线)