



# Structural Analysis & Design Software

[www.dlubal.com](http://www.dlubal.com)



网络课堂



郑伟伟

技术支持  
德儒巴软件（上海）有限公司



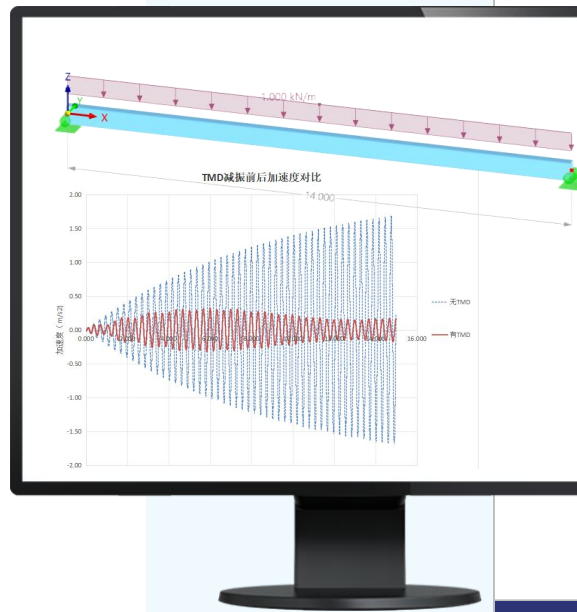
张涛

技术支持  
德儒巴软件（上海）有限公司

# RFEM 6

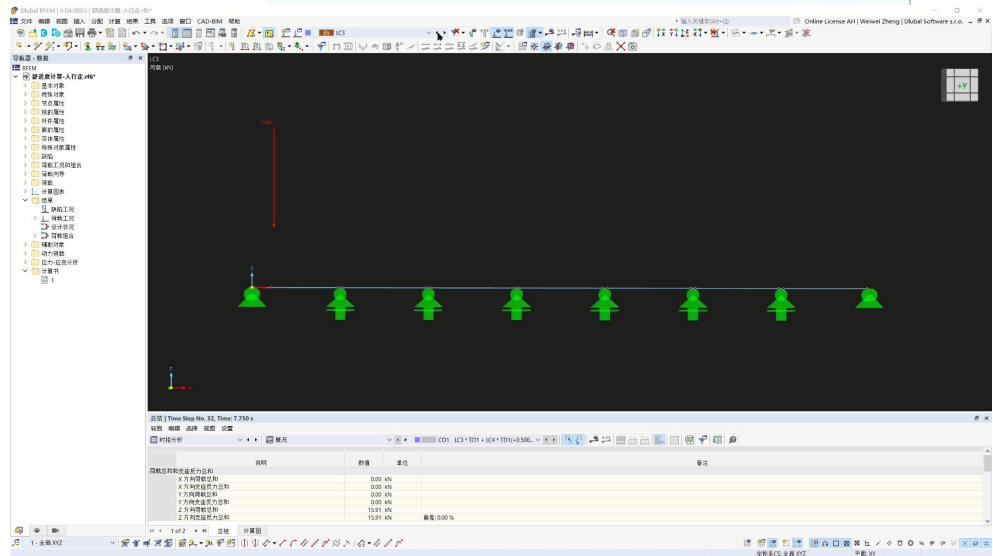
## 时程分析

### -以连廊舒适度分析为例



# 主要内容

- 01 RFEM6时程分析优势
- 02 舒适度分析标准解读
- 03 质量源定义及模态分析
- 04 激励函数定义及时程分析
- 05 时程分析结果提取



## RFEM6时程分析优势

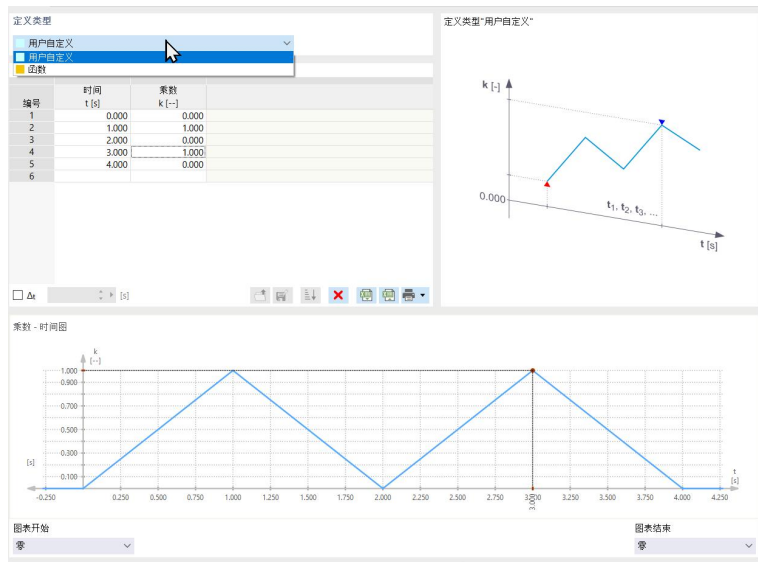
- 可以用**表格**和**自定义函数**两种方式定义激励函数
- 激励荷载可以是**点荷载/杆件荷载/面荷载/自由荷载**
- 可以同时考虑具有**不同激励函数的荷载**及激励荷载之间的**时差**
- **模态叠加法**和**线性隐性Newmark法**
- 瑞丽阻尼 (Raleigh) 和模态阻尼(Lehr's)
- “计算图表”功能可保存某些点的计算结果曲线
- 可显示**每个时间步的结果**也可以显示所有时间步的**包络结果**



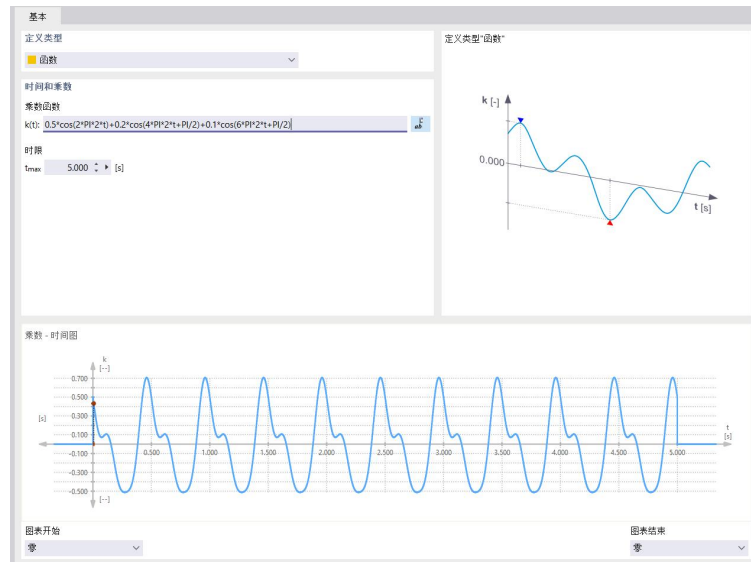
# RFEM6时程分析优势

5.2.1 行走激励荷载可按式计算：

$$F(t) = \sum_{i=1}^3 \gamma_i P_p \cos(2\pi i \bar{f}_1 t + \varphi_i) \quad (5.2.1)$$



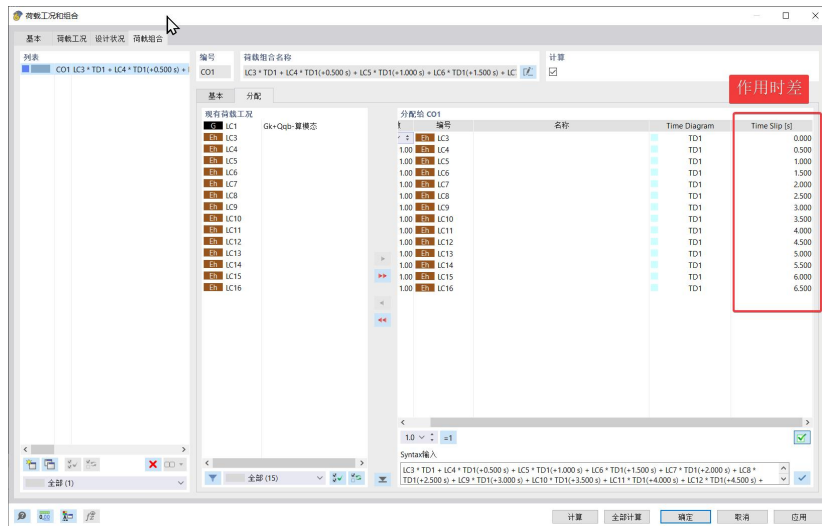
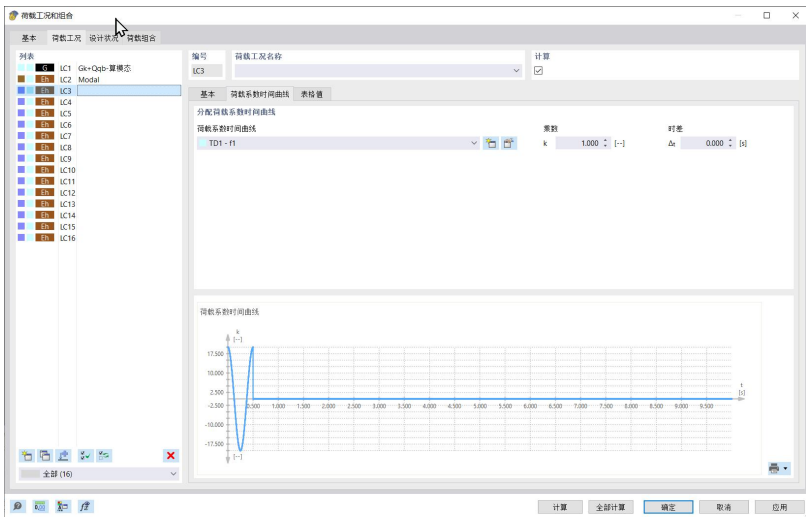
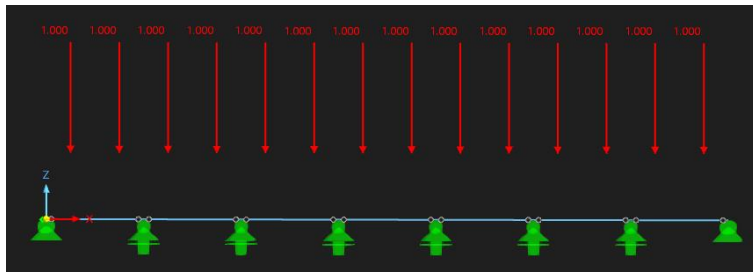
表格定义激励曲线



函数定义激励曲线



# RFEM6时程分析优势



通过对多个时程工况进行荷载组合，并设置时差模拟连续行走激励





# RFEM6时程分析优势

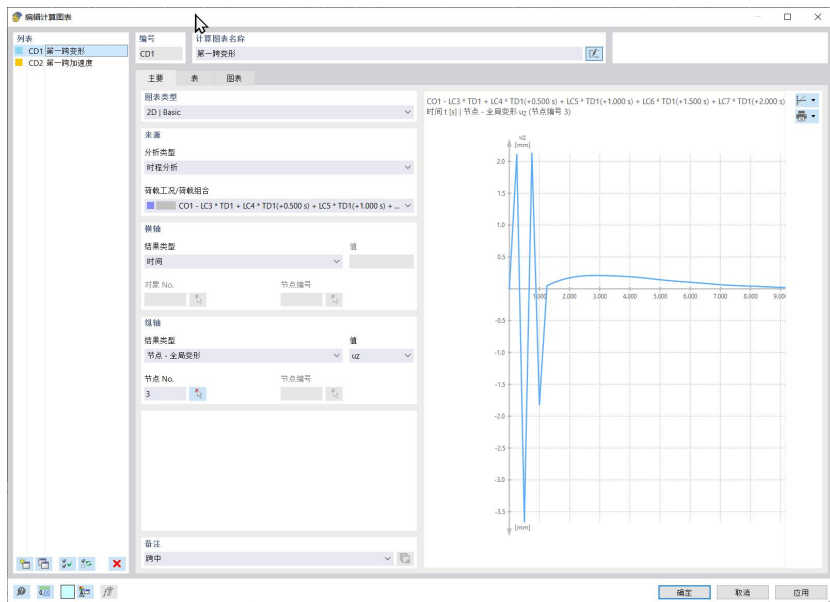
The screenshot displays the RFEM6 software interface. The main window shows a structural model of a beam with several green supports. A red arrow indicates a vertical load of 1.000 kN. The interface includes a menu bar, a toolbar, and a left-hand navigation pane. The bottom status bar shows the current step and time: "总结 | Time Step No. 32, Time: 7.750 s".

Results Table:

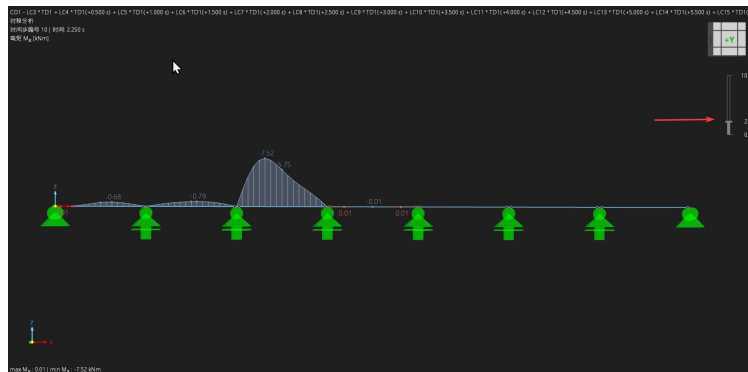
说明	数值	单位	备注
荷载总和和反应质力总和			
X 方向荷载总和	0.00	kN	
X 方向反应质力总和	0.00	kN	
Y 方向荷载总和	0.00	kN	
Y 方向反应质力总和	0.00	kN	
Z 方向荷载总和	15.91	kN	
Z 方向反应质力总和	15.91	kN	误差: 0.00 %



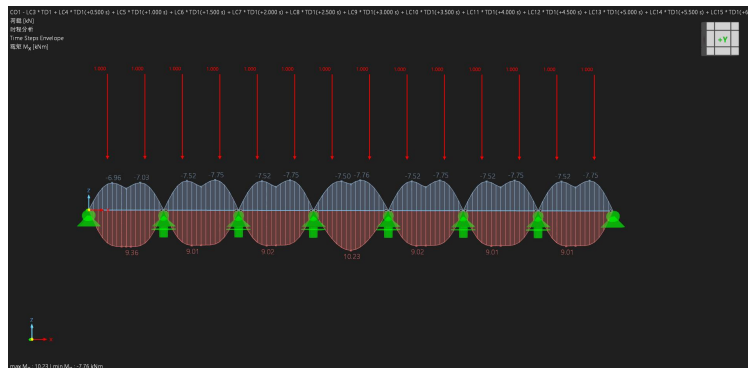
# RFEM6时程分析优势



某个点/杆件的时程分析结果



所有激励荷载在某个时间步下的结果




所有激励荷载在所有时间步下的包络结果





# 连廊舒适度分析规范解读

UDC	
中华人民共和国行业标准	JGJ/T 441 - 2019 备案号 J 2748 - 2019
P	
<p>建筑楼盖结构振动舒适度技术标准</p> <p>Technical standard for human comfort of the floor vibration</p>	
2019 - 07 - 30 发布	2020 - 01 - 01 实施
中华人民共和国住房和城乡建设部 发布	

## 4 舒适度要求

### 4.1 一般规定

4.1.1 建筑楼盖的**竖向振动加速度**应符合下列规定：

1 行走激励和室内设备振动为主的楼盖结构、**连廊**和室内天桥

$$a_p \leq [a_p] \quad (4.1.1-1)$$

式中： $a_p$ ——竖向振动峰值加速度 ( $m/s^2$ )；

$[a_p]$ ——竖向振动峰值加速度限值 ( $m/s^2$ )。

2 有节奏运动为主的楼盖结构

$$a_{pm} \leq [a_{pm}] \quad (4.1.1-2)$$

式中： $a_{pm}$ ——有效最大加速度 ( $m/s^2$ )；

$[a_{pm}]$ ——有效最大加速度限值 ( $m/s^2$ )。

4.1.2 **连廊**和室内天桥的**横向振动加速度**应符合下列规定：

$$a_{pl} \leq [a_{pl}] \quad (4.1.2)$$

式中： $a_{pl}$ ——横向振动峰值加速度 ( $m/s^2$ )；

$[a_{pl}]$ ——横向振动峰值加速度限值 ( $m/s^2$ )。

4.1.3 建筑楼盖的自振频率应符合下列规定：

1 **竖向自振频率**

$$f_1 \geq [f_1] \quad (4.1.3-1)$$

式中： $f_1$ ——第一阶竖向自振频率 (Hz)；

$[f_1]$ ——第一阶竖向自振频率限值 (Hz)。

2 **连廊和室内天桥的横向自振频率**

$$f_{L1} \geq [f_{L1}] \quad (4.1.3-2)$$

式中： $f_{L1}$ ——第一阶横向自振频率 (Hz)；

$[f_{L1}]$ ——第一阶横向自振频率限值 (Hz)。





# 连廊舒适度分析规范解读

## 4.2 舒适度限值

4.2.1 以行走激励为主的楼盖结构第一阶竖向自振频率不宜低于 3Hz，竖向振动峰值加速度不应大于表 4.2.1 规定的限值。

表 4.2.1 竖向振动峰值加速度限值

楼盖使用类别	峰值加速度限值 (m/s <sup>2</sup> )
手术室	0.025
住宅、医院病房、办公室、会议室、医院门诊室、教室、宿舍、旅馆、酒店、托儿所、幼儿园	0.050
商场、餐厅、公共交通等候大厅、剧场、影院、礼堂、展览厅	0.150

4.2.2 有节奏运动为主的楼盖结构，在正常使用时楼盖的第一阶竖向自振频率不宜低于 4Hz，竖向振动有效最大加速度不应大于表 4.2.2 规定的限值。

表 4.2.2 竖向振动有效最大加速度限值

楼盖使用类别	有效最大加速度限值 (m/s <sup>2</sup> )
舞厅、演出舞台、看台、室内运动场地、仅进行有氧健身操的健身房	0.50
同时进行有氧健身操和器械健身的健身房	0.20

注：看台是指演唱会和体育场馆的看台，包括无固定座位和有固定座位。

4.2.3 车间办公室、安装娱乐振动设备、生产操作区的楼盖结构，正常使用时楼盖的第一阶竖向自振频率不宜低于 3Hz，竖向振动峰值加速度不应大于表 4.2.3 中规定的限值。

表 4.2.3 竖向振动峰值加速度限值

楼盖使用类别	峰值加速度限值 (m/s <sup>2</sup> )
车间办公室	0.20
安装娱乐振动设备	0.35
生产操作区	0.40

4.2.4 连廊和室内天桥的第一阶横向自振频率不宜小于 1.2Hz，振动峰值加速度不应大于表 4.2.4 规定的限值。

表 4.2.4 连廊和室内天桥的振动峰值加速度限值

楼盖使用类别	峰值加速度限值 (m/s <sup>2</sup> )	
	竖向	横向
封闭连廊和室内天桥	0.15	0.10
不封闭连廊	0.50	0.10





# 连廊舒适度分析规范解读

## 9.2 荷载

9.2.1 连廊和室内天桥的人群荷载应包括人群竖向荷载和人群横向荷载。

9.2.2 连廊和室内天桥单位面积的人群竖向荷载激励应按式(9.2.2-1)和式(9.2.2-2)计算,单位面积的人群横向荷载激励应按式(9.2.2-3)计算。

$$p_1(t) = P_b r' \psi \cos(2\pi \bar{f}_{s1} t) \quad (9.2.2-1)$$

$$p_2(t) = P_b r' \psi \cos(2\pi \bar{f}_{s2} t) \quad (9.2.2-2)$$

$$p_L(t) = P_{bL} r' \psi_L \cos(2\pi \bar{f}_{sL} t) \quad (9.2.2-3)$$

式中:  $p_1(t)$  ——第一阶竖向人群荷载频率对应的单位面积人群竖向荷载 ( $\text{kN}/\text{m}^2$ );

$p_2(t)$  ——第二阶竖向人群荷载频率对应的单位面积人群竖向荷载 ( $\text{kN}/\text{m}^2$ );

$p_L(t)$  ——单位面积的人群横向荷载 ( $\text{kN}/\text{m}^2$ );

$P_b$  ——连廊和室内天桥上单个行人行走时产生的竖向作用力 ( $\text{kN}$ ), 可取  $0.28\text{kN}$ ;

$P_{bL}$  ——连廊和室内天桥上单个行人行走时产生的横向作用力 ( $\text{kN}$ ), 可取  $0.035\text{kN}$ ;

9.2.3 连廊和室内天桥的人群荷载频率可按下列公式确定。

1  $\bar{f}_{s1}$  可按下式确定:

$$\bar{f}_{s1} = \begin{cases} 1.25 & \frac{f_1}{n} < 1.25 \\ \frac{f_1}{n} & 1.25 \leq \frac{f_1}{n} \leq 2.50 \\ 2.50 & \frac{f_1}{n} > 2.50 \end{cases} \quad (9.2.3-1)$$

2  $\bar{f}_{s2}$  可按下式确定:

$$\bar{f}_{s2} = 2\bar{f}_{s1} \quad (9.2.3-2)$$

3  $\bar{f}_{sL}$  可按下式确定:

$$\bar{f}_{sL} = \begin{cases} 0.50 & \frac{f_{L1}}{n} < 0.50 \\ \frac{f_{L1}}{n} & 0.50 \leq \frac{f_{L1}}{n} \leq 1.20 \\ 1.20 & \frac{f_{L1}}{n} > 1.20 \end{cases} \quad (9.2.3-3)$$



# 连廊舒适度分析规范解读

9.2.4 等效人群密度应按下式确定:

$$r' = \frac{10.8\sqrt{\xi N}}{A} \quad (9.2.4)$$

式中:  $\xi$ ——阻尼比, 按本标准表 9.2.7 取值;

$A$ ——连廊或室内天桥的桥面面积 ( $m^2$ );

$N$ ——连廊或室内天桥的行人总数量, 可取  $N=0.5A$ 。

9.2.5 竖向荷载折减系数应按下式确定:

$$\psi = \begin{cases} 0 & \bar{f}_{s1} \leq 1.25 \\ \frac{\bar{f}_{s1} - 1.25}{1.7 - 1.25} & 1.25 < \bar{f}_{s1} \leq 1.7 \\ 1 & 1.7 < \bar{f}_{s1} \leq 2.1 \\ 1 - \frac{\bar{f}_{s1} - 2.1}{2.3 - 2.1} & 2.1 < \bar{f}_{s1} \leq 2.25 \\ 0.25 & 2.25 < \bar{f}_{s1} \leq 2.5 \\ 0.25 & 2.5 < \bar{f}_{s2} \leq 4.2 \\ 0.25 \left( 1 - \frac{\bar{f}_{s2} - 4.2}{4.6 - 4.2} \right) & 4.2 < \bar{f}_{s2} \leq 4.6 \\ 0 & \bar{f}_{s2} > 4.6 \end{cases} \quad (9.2.5)$$

9.2.7 连廊和人行天桥的阻尼比可按表 9.2.7 取值。

表 9.2.7 连廊和室内天桥的阻尼比

楼盖类别	钢楼盖	钢-混凝土组合楼盖	混凝土楼盖
阻尼比	0.005	0.01	0.02

9.3.4 有限元计算方法应符合下列规定:

1 有限元计算模型应根据结构实际受力情况建立并进行恰当简化, 确保计算结果符合实际情况。

2 有限元分析应采用时程分析法, 荷载函数时长不宜小于 15s。积分时间步长, 对于竖向振动不宜大于  $1/(72 f_1)$ , 横向振动不宜大于  $1/(72 f_{L1})$ 。



# 质量源定义及模态分析

## 3.2 作用和作用组合

3.2.1 舒适度设计时，计算楼盖自振频率和振动加速度采用的荷载应符合本节的规定。

3.2.2 永久荷载应包括楼盖自重、面层、吊挂、固定隔墙等实际使用时楼盖上的荷载。当楼盖、面层、吊挂、固定隔墙等荷载不能确定时，宜取其自重的下限值。

### 3 连廊和室内天桥

$$F_c = G_k + Q_{qb} \quad (3.2.5-3)$$

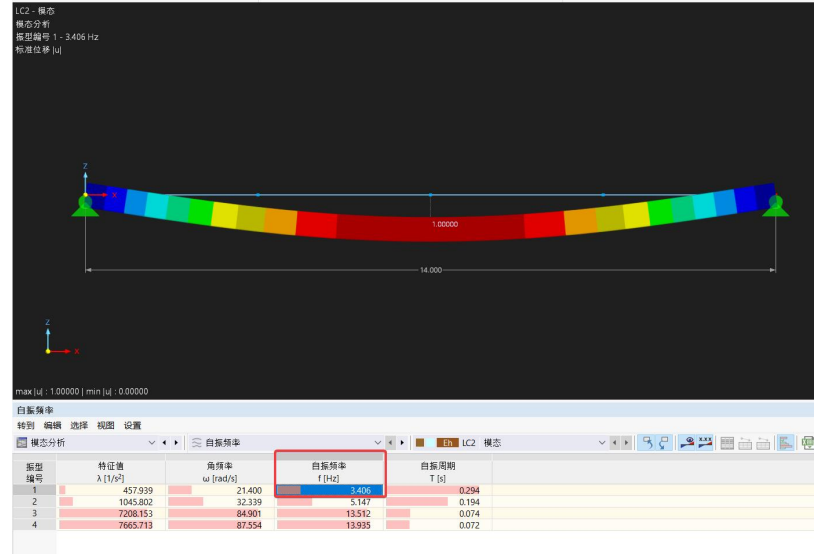
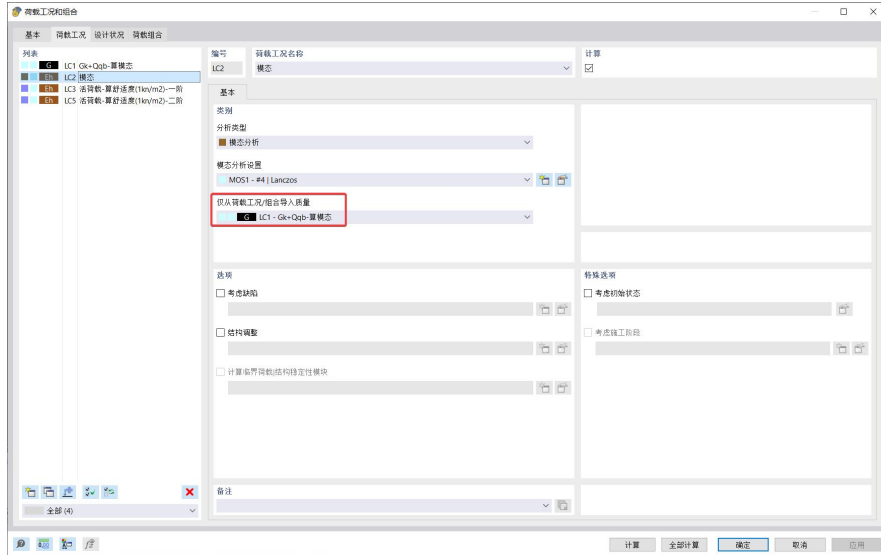
式中： $F_c$ ——舒适度设计采用的荷载 ( $\text{kN}/\text{m}^2$ )；

$G_k$ ——永久荷载的标准值 ( $\text{kN}/\text{m}^2$ )；

$Q_{qb}$ ——连廊和室内天桥的活荷载 ( $\text{kN}/\text{m}^2$ )，可取  $0.35\text{kN}/\text{m}^2$ 。



# 质量源定义及模态分析



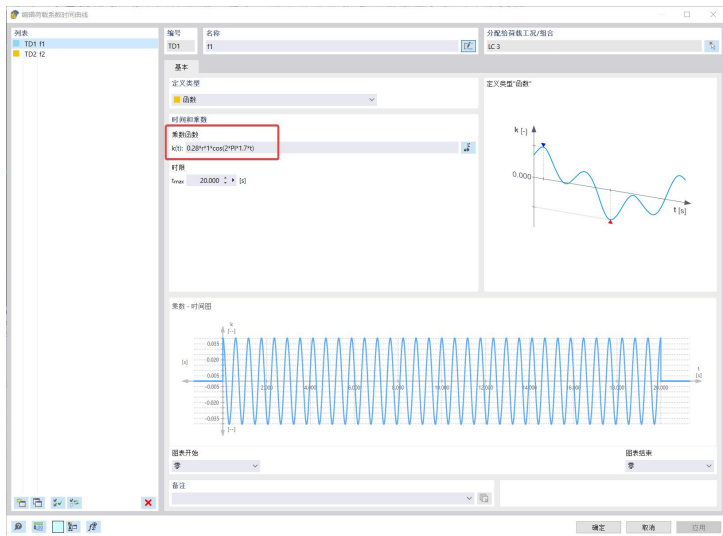


# 激励函数定义及时程分析

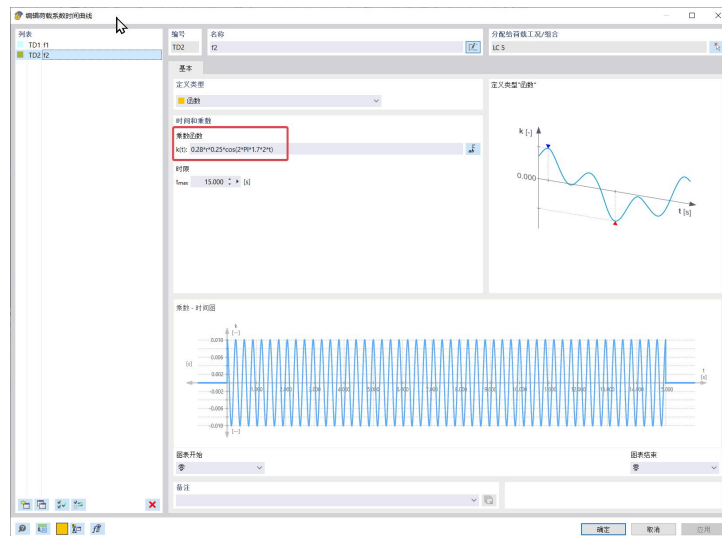
编辑全局参数

全局参数

编号	名称	符号(HTML)	单位组	定义类型	值	单位	公式	最小	最大	优化参数	增量	步骤	备注
1	A	A	面积	值	14.000	m <sup>2</sup>							连廊面积
2	ksi	ksi	无量纲	值	0.50	%							阻尼比
3	r	r	无量纲	公式	14.43		$10.8*(ksi*0.5*A)^{0.5}/A$						等效人群密度
4													



$$0.28*r*1*\cos(2*PI*1.7*t)$$



$$0.28*r*0.25*\cos(2*PI*1.7*2*t)$$





# 激励函数定义及时程分析

编辑公式

```

公式
if(f1/n<1.25)
{
fs1=1.25
}
else if(1.25<=f1/n && f1/n<=2.5)
{
fs1=f1/n
}
else

```

$\bar{f}_{s1}$  可按下式确定:

$$\bar{f}_{s1} = \begin{cases} 1.25 & \frac{f_1}{n} < 1.25 \\ \frac{f_1}{n} & 1.25 \leq \frac{f_1}{n} \leq 2.50 \\ 2.50 & \frac{f_1}{n} > 2.50 \end{cases} \quad (9.2.3-1)$$

结果  
1.700

确定 取消 应用

编辑公式

```

公式
}
else if(1.25<fs1 && fs1<=1.7)
{
φ1=(fs1-1.25)/(1.7-1.25)
}
else if(1.7<fs1 && fs1<=2.1)
{
φ1 = 1
}
else if(2.1<fs1 && fs1<=2.25)

```

9.2.5 竖向荷载折减系数应按下式确定:

$$\psi = \begin{cases} 0 & \bar{f}_{s1} \leq 1.25 \\ \frac{\bar{f}_{s1} - 1.25}{1.7 - 1.25} & 1.25 < \bar{f}_{s1} \leq 1.7 \\ 1 & 1.7 < \bar{f}_{s1} \leq 2.1 \\ 1 - \frac{\bar{f}_{s1} - 2.1}{2.3 - 2.1} & 2.1 < \bar{f}_{s1} \leq 2.25 \\ 0.25 & 2.25 < \bar{f}_{s1} \leq 2.5 \\ 0.25 & 2.5 < \bar{f}_{s1} \leq 4.2 \\ 0.25 \left( 1 - \frac{\bar{f}_{s1} - 4.2}{4.6 - 4.2} \right) & 4.2 < \bar{f}_{s1} \leq 4.6 \\ 0 & \bar{f}_{s1} > 4.6 \end{cases} \quad (9.2.5)$$

结果  
1.000

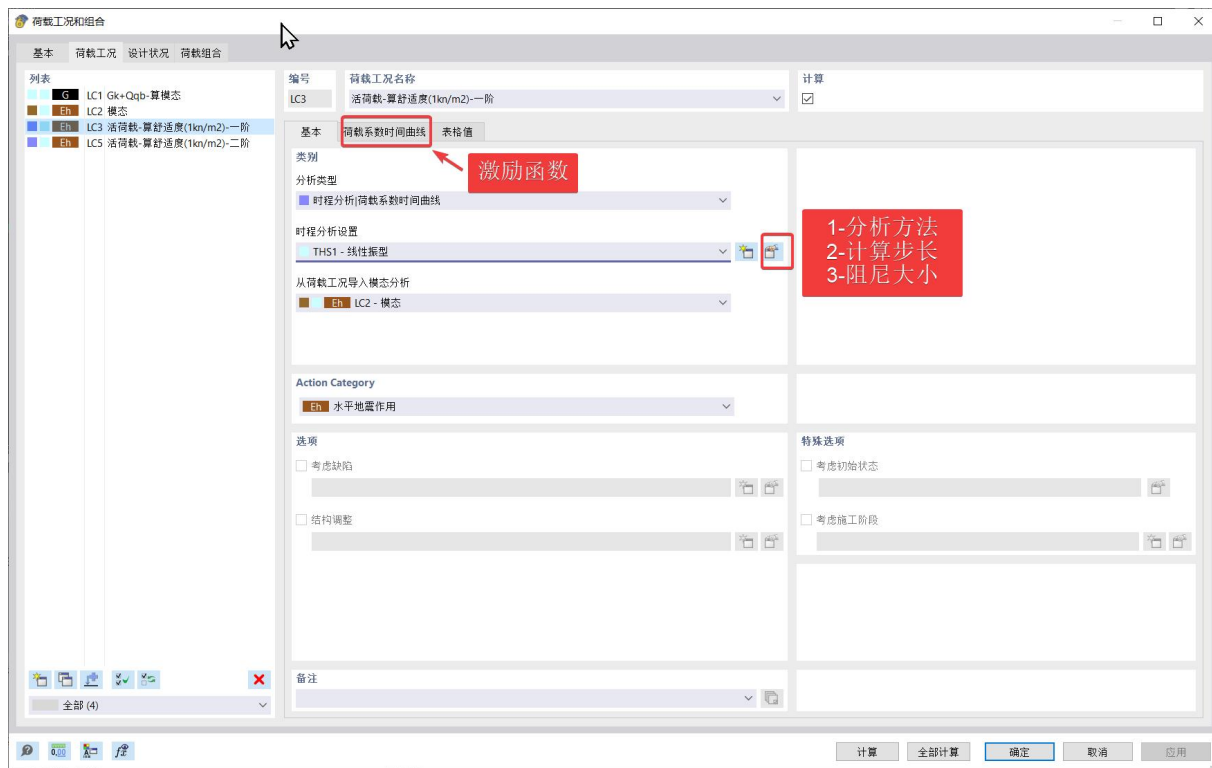
确定 取消 应用

也可以嵌入规范公式中 $f_{s1}, \phi$ 的计算  
(基于Javascript语法)



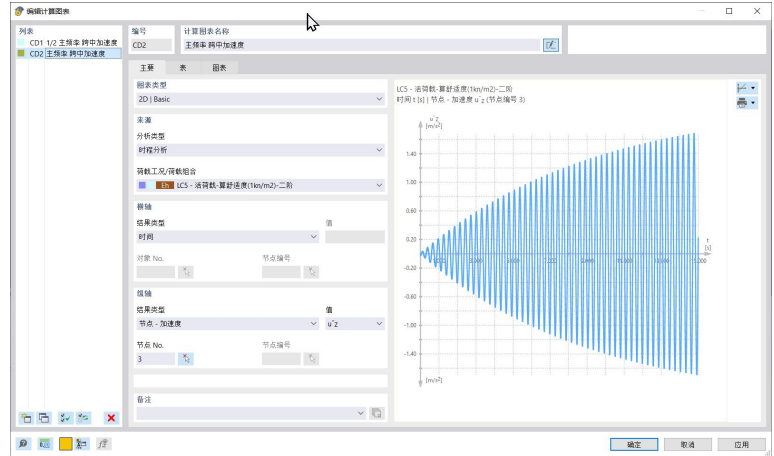
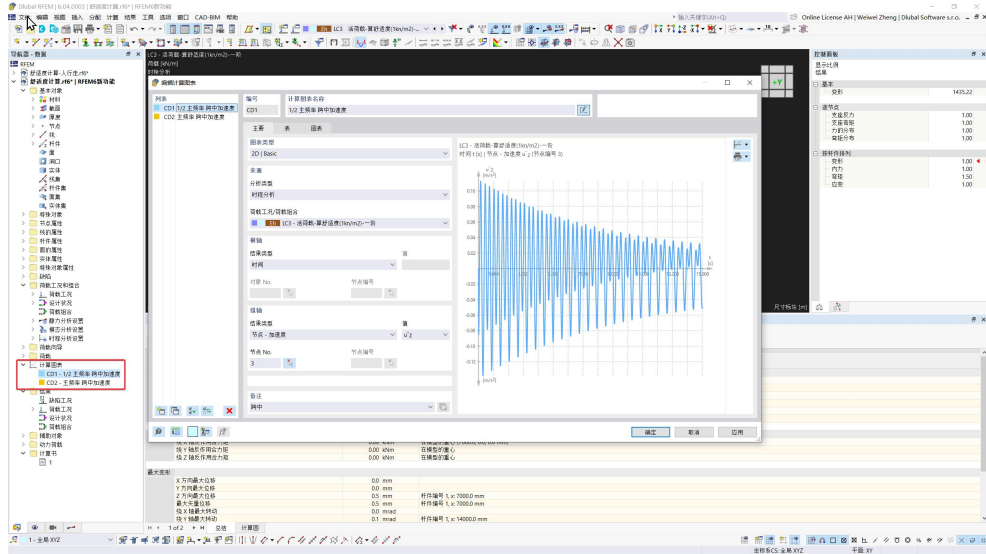


# 激励函数定义及时程分析





# 时程分析结果提取





[www.dlubal.com](http://www.dlubal.com)