



Structural Analysis & Design Software



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



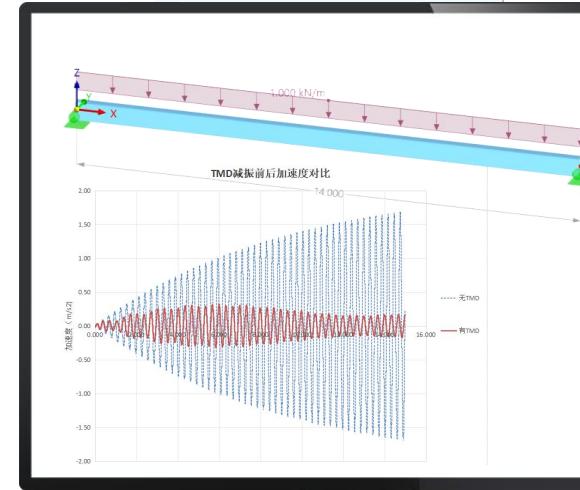
张涛

技术支持
德儒巴软件（上海）有限公司

RFEM 6

时程分析

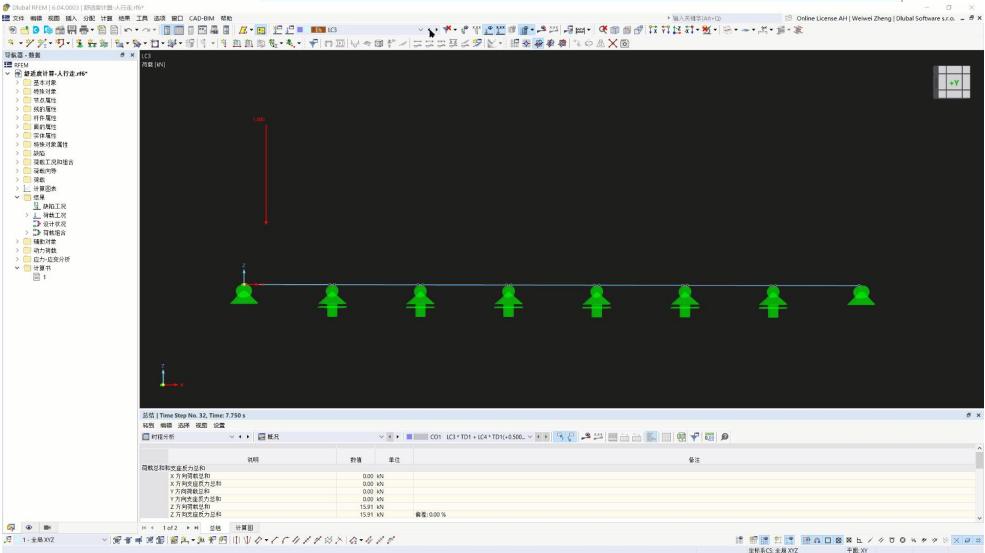
-以连廊舒适度分析为例





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**



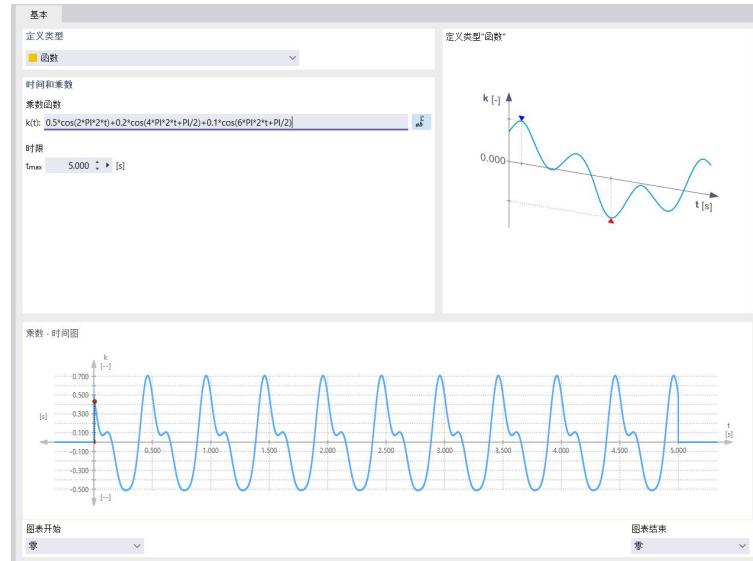
RFEM6时程分析优势



表格定义激励曲线

5.2.1 行走激励荷载可按下式计算：

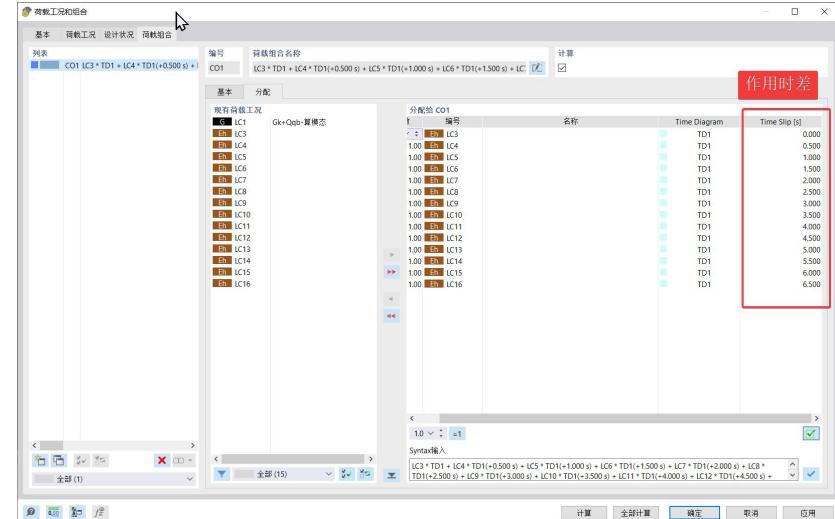
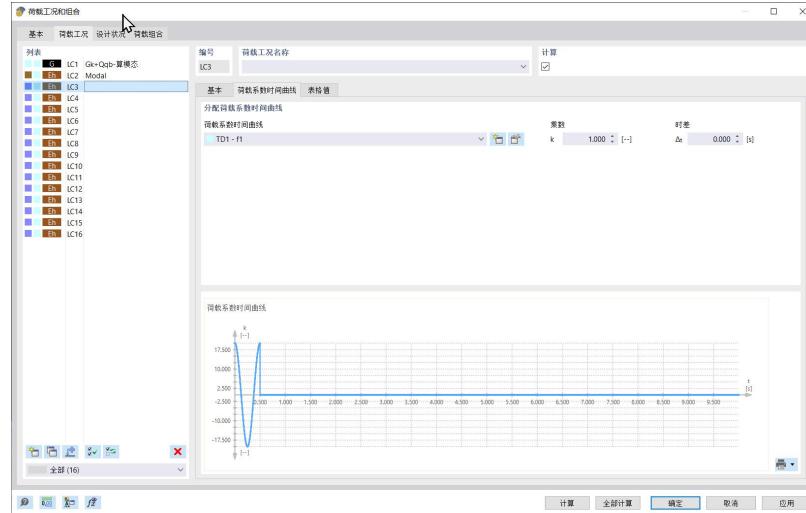
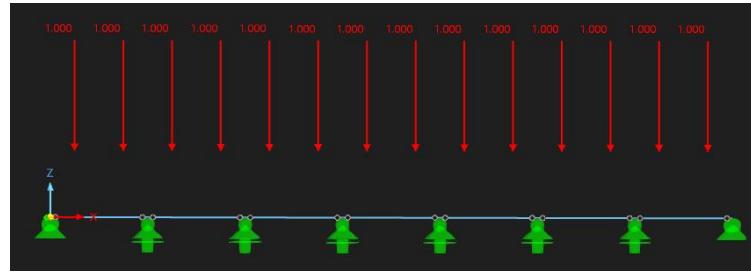
$$F(t) = \sum_{i=1}^3 \gamma_i P_p \cos(2\pi i \bar{f}_1 t + \varphi_i) \quad (5.2.1)$$



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

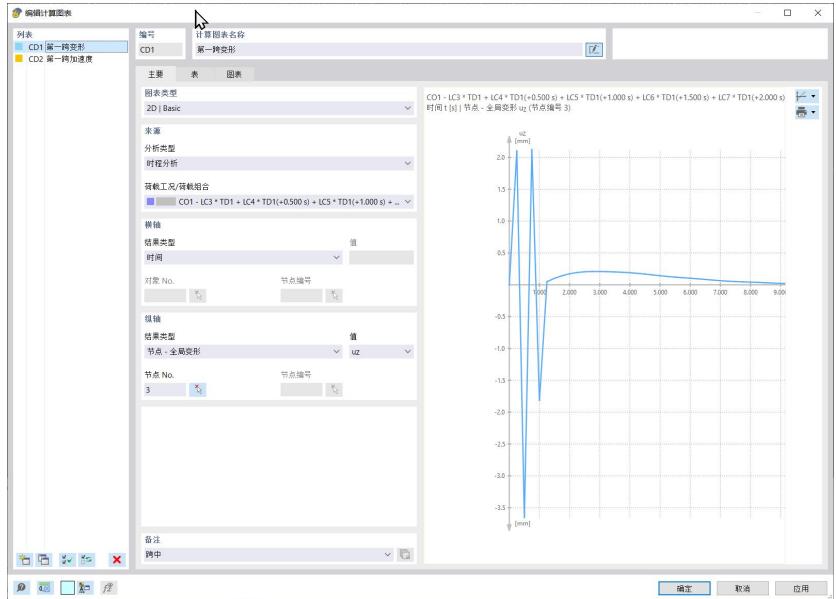


RFEM6时程分析优势

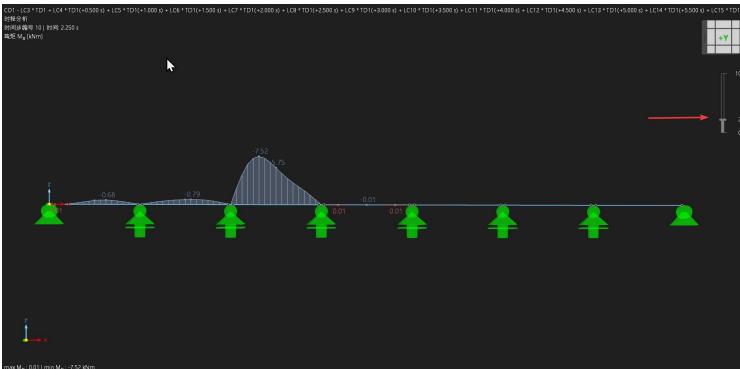
The screenshot displays the RFEM6 software interface, specifically the 'Time Step' analysis module. The main window shows a 3D model of a structure with a series of green human-shaped nodes connected by a horizontal beam. A vertical red arrow indicates a force application point. The left sidebar contains a tree view of project files, including 'RFEM' and '荷载工况' (Load Cases) which lists '静力工况' (Static), '动力荷载' (Dynamic), and '应力-应变分析' (Stress-Strain Analysis). The bottom right corner shows a table for '总筋 | Time Step No. 32, Time: 7.750 s'.

说明	数值	单位	备注
钢筋总和及支座反力总和			
X方向内力总和	0.00	kN	
X方向弯矩总和	0.00	kNm	
Y方向内力总和	0.00	kN	
Y方向弯矩总和	0.00	kNm	
Z方向内力总和	15.91	kN	
Z方向弯矩总和	15.91	kN	调整: 0.00 %

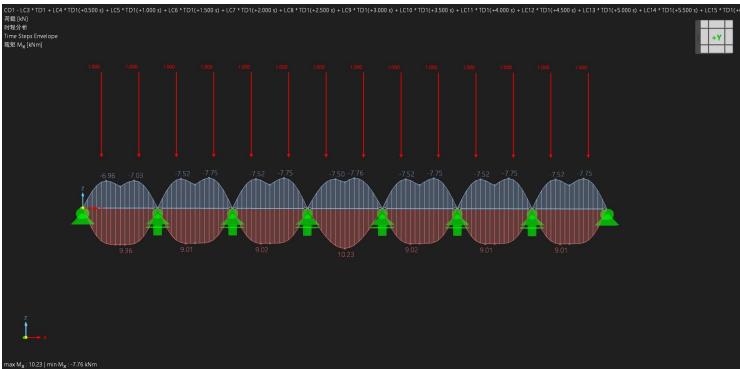
RFEM6时程分析优势



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

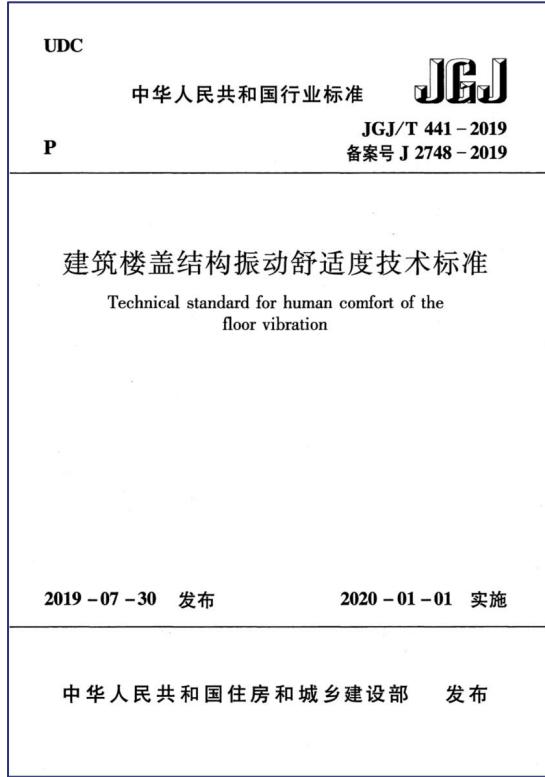


所有激励荷载在所有时间步下的包络结果





连廊舒适度分析规范解读



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宜符合下列规定：

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 ²)
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 ²)
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 ²)
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 ²)	
	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。

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

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

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

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 (kN/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 (kN/m^2);

$p_L(t)$ ——单位面积的人群横向荷载 (kN/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 (kN), 可取 0.28kN ;

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 (kN), 可取 0.035kN ;

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}_{sl} 可按下式确定:

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

2 \bar{f}_{sl} 可按下式确定:

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

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： ξ ——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 坚向荷载折减系数应按下式确定：

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

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，对于坚向振动不宜大于 $1/(72 f_1)$ ，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

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

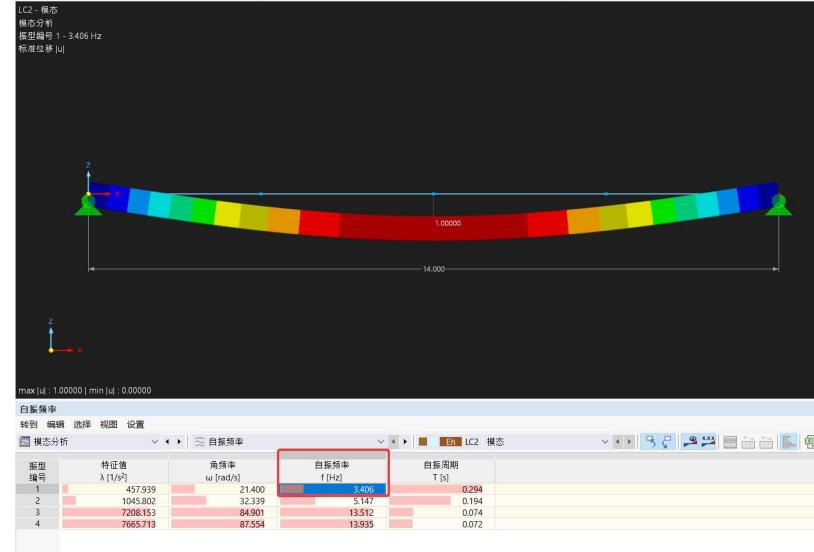
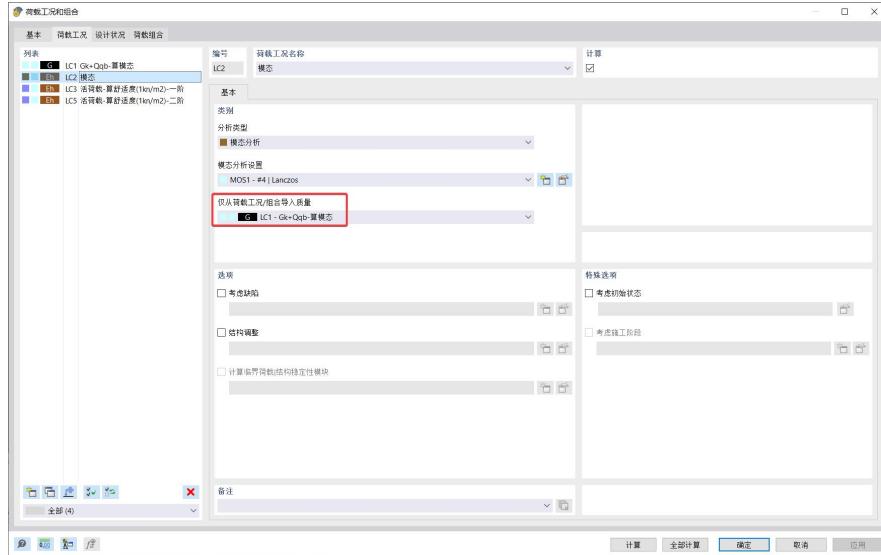
式中： F_c —— 舒适度设计采用的荷载 (kN/m^2)；

G_k —— 永久荷载的标准值 (kN/m^2)；

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

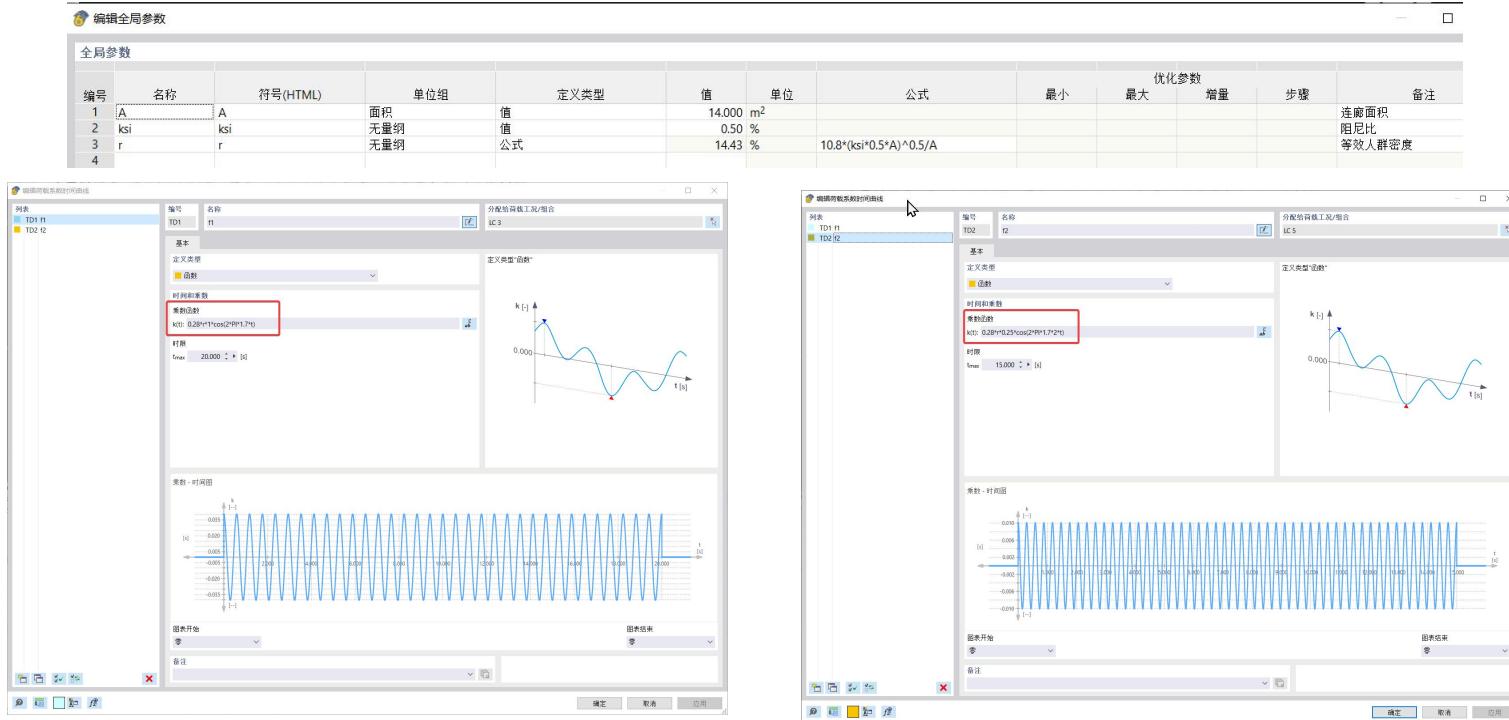


质量源定义及模态分析





激励函数定义及时程分析



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

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



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}_{sl} 可按下式确定：

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

结果

1.700 [-]

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  
}
```

9.2.5 竖向荷载折减系数应按下式确定：

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

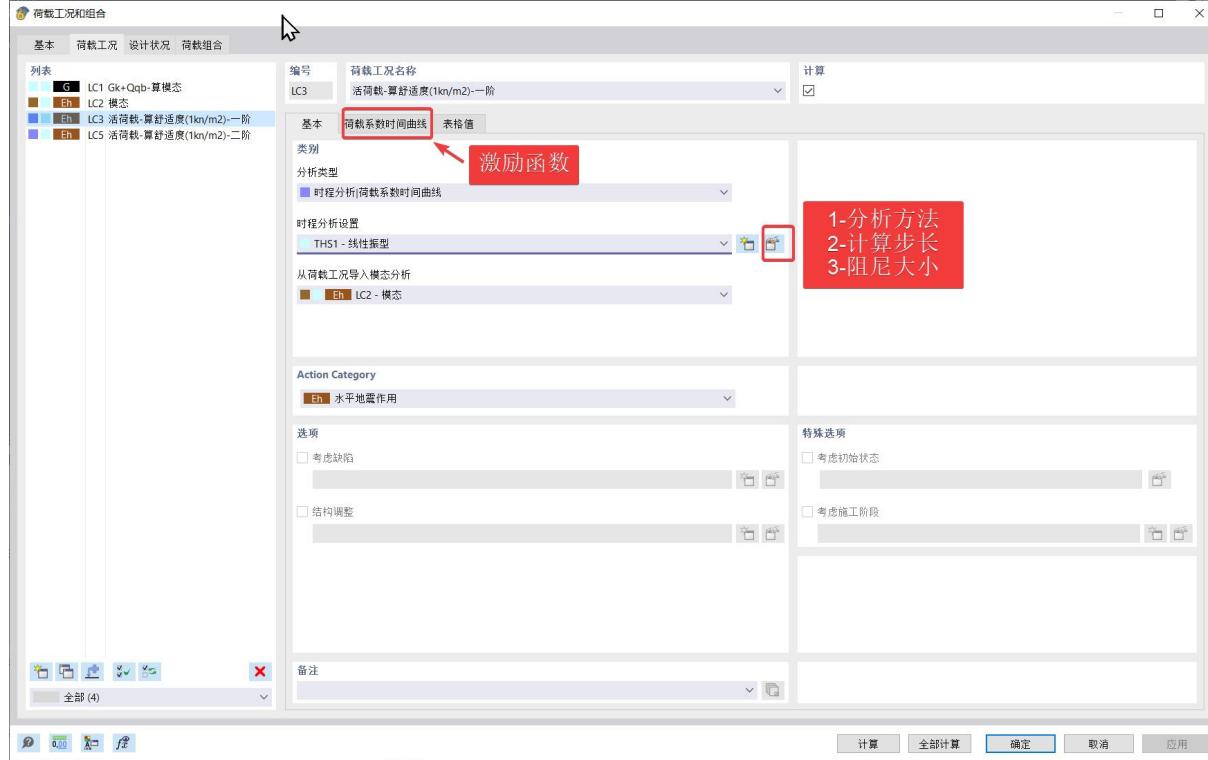
结果

1.000 [-]

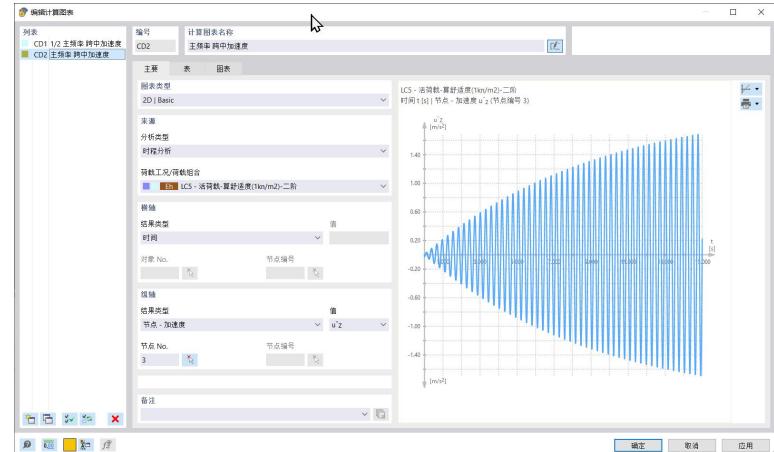
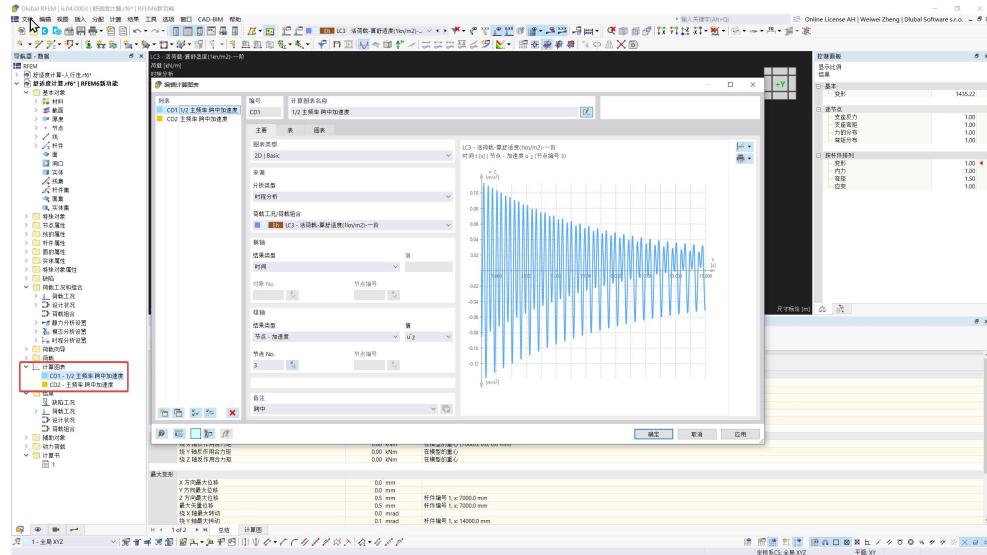
也可以嵌入规范公式中 $fs1, \varphi$ 的计算
(基于Javascript语法)



激励函数定义及时程分析



时程分析结果提取





www.dlubal.com