

### 浅谈“结构重要性系数”在结构设计中的体现

# 浅谈“结构重要性系数”在结构设计中的体现

苏欣

中国建筑科学研究院有限公司 北京构力科技有限公司深圳分公司 广东 518000

[摘要] 在结构设计中，结构重要性系数是一个非常基础并且非常重要的一个概念，但很多设计师在工程应用中可能缺少重视，或者在应用PKPM软件进行设计过程中，会存在一些疑惑。本文将结合规范和PKPM不同模块应用，简要对“结构重要性系数”进行介绍，希望能给结构设计师在实际项目应用中带来帮助。

[关键词] 重要性系数；PKPM；安全等级

## 0 前言

在结构设计中，大部分设计师做的项目都属于一般建筑，根据规范规定，对于一般的建筑，结构重要性系数取1.0即可，因此对这个概念往往关注度不高。偶尔有设计师在应用PKPM软件处理一些比较重要的项目时，突然会关注到这个概念，而往往对该重要性系数概念在软件中如何体现存在疑惑。

因此本文将结合作者在软件咨询工作中的一些用户问题，从规范和软件应用两个角度介绍了“结构重要性系数”。

## 1 规范中的“结构重要性系数”

### 1.1 《建筑结构可靠性设计统一标准》

《建筑结构可靠性设计统一标准》作为结构设计的“母标准”，其它规范如《建筑结构荷载规范》、《混凝土结构设计规范》、《钢结构设计标准》、《砌体结构设计规范》等均需基于该规范做出相关要求。

本标准8.2.2条及8.2.8条对“结构重要性系数”在何时应用以及如何取值做出了具体的规定，如下图所示：



图1 建筑结构可靠性设计统一标准规定

结构重要性系数	对持久设计状况和短暂设计状况			对偶然设计状况和地震设计状况
	一级	二级	三级	
$\gamma_0$	1.1	1.0	0.9	1.0

图2 规范表8.2.8

从以上两个条文中，我们可以看到：1) 只有在承载力极限状态验算时需要考虑结构重要性系数；2) 承载力极限状态验算中，针对持久设计和短暂设计工况需要考虑，而对偶然工况和地震设计工况都按1.0考虑；3) 整个结构可以考虑同一个结构重要性系数或者同一个结构中不同的构件可以分别考虑不同的重要性系数；4) 结构重要性系数的取值和安全等级相关联；

安全等级在本标准3.2.1条及条文说明中给出了具体的定义。根据此定义，建筑结构的安全等级和抗震设防等级、设防烈度、建筑面积规模等没有必然和绝对的关系，是一个相对概念，需要根据该结构破坏后预计可能造成的影响，比如对人的生命、经济财产及环境（标准新增加）等。因此在实际工程中，对于大部分结构，可参考规范给出的推荐性意见给出具体的安全等级，但对于处于一级或二级等相对不是特别确切的一些建筑，还是需要由设计师根据设计理念和业主要求等做出判定，然后再确定重要性系数。

3.2.1 建筑结构设计时，应根据结构破坏可能产生的后果，危及人的生命、造成经济损失、产生严重不良影响的程度，采用不同的安全等级。建筑的安全等级应按表3.2.1的规定。

安全等级	破坏后果
一级	严重，危及人的生命、财产安全或造成重大影响
二级	严重，对人的安全、经济、社会或环境造成较大影响
三级	不严重，对人的安全、经济、社会或环境造成较小影响

图3 安全等级规定

### 1.2 《建筑结构荷载规范》

该规范中3.2.2条给出了承载力验算的公式和结构重要性系数的要求。如下图可见，结构重要性系数的确定还是参考《建筑结构可靠性设计统一标准》。



图4 建筑结构荷载规范规定

### 1.3 《混凝土结构设计规范》

本规范中在3.3.2条做出了规定，从条文及其条文说明中，其含义还是和《建筑结构可靠性设计统一标准》保持一致，对于持久和短暂设计工况，结构重要性系数还是落到了安全等级的控制上；对于地震设计状况取1.0。

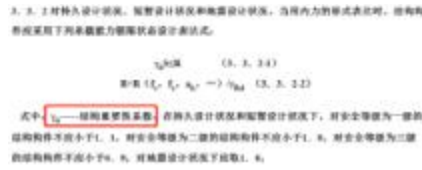


图5 混凝土结构设计规范规定

### 1.4 《建筑地基基础设计规范》

本规范中在3.0.5条第5款中做出了具体规定。



图6 建筑地基基础设计规范规定

从以上条文中，我们可以得出：1) 基础的结构重要性系数也是需要参考《建筑结构可靠性设计统一标准》及其它规范；2) 规定了基础结构重要性系数的下限值为1.0；3) 对于挡土墙、地基或滑坡稳定及抗浮稳定验算、基础或支挡结构内力和配筋时，需要考虑结构重要性系数；4) 对于地基承载力、地基变形、裂缝验算时，不需要考虑结构重要性系数。

## 2 软件对于结构重要性系数的执行

PKPM软件在计算分析时，在上部结构、基础、钢结构等模块中都有考虑对应的结构重要性系数参数，现针对每个模块详细叙述。

### 2.1 上部结构分析设计SATWE

在最新的V5.1版本中，SATWE模块“参数定义”-“基本信息”中设置有该参数，用户可以通过该参数对整个结构统一设定结构的重要性系数。



图7 参数定义

同时，在“前处理及计算”菜单下的“特殊属性”功能下，可以针对每种构件定义构件级别的重要性系数，满足整体结构中定义不同的构件重要性系数。



图8 单构件定义参数

在查看后处理结果时，也有部分用户经常会咨询“结构重要性系数定义后，程序是否考虑了？在哪里查看？”等相关问题。

根据以上部分规范的验算公式，我们可以看到，结构重要性系数是在作用组合效应设计值的基础上考虑再与抗力设计值进行比较，因此用户在查看构件信息或者单工况内力信息时，修改重要性系数与否其实是不影响的，但是在校核具体的承载力配筋结果时，如果是非抗震组合控制，程序会自动考虑；如果是抗震组合控制，都是按1.0考虑。

如下例所示：

名称	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
内力	120.00	120.00	120.00	120.00	120.00	120.00	120.00	120.00	120.00	120.00	120.00	120.00	120.00	120.00
弯矩	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
剪力	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00
轴力	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00

图9 重要性系数取1.0时的结果

名称	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
内力	120.00	120.00	120.00	120.00	120.00	120.00	120.00	120.00	120.00	120.00	120.00	120.00	120.00	120.00
弯矩	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
剪力	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00
轴力	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00

图10 重要性系数取1.1时的结果

从以上对比中可以看到，对于17控制组合，该组合为1.3DL+1.5LL+0.9WX，属于非地震控制组合，因此在配筋结果上体现了结构重要性系数的差别，而对于其它地震控制组合，设计组合内力和配筋是没有变化的，符合规范的要求。因篇幅有限，就不给出具体的计算过程了，感兴趣的读者可以手算或者通过PKPM工具箱计算查看。

### 2.2 楼板分析计算

熟悉PKPM的用户都知道，对于一般的设计过程，上部结构分析时，楼板分析计算和墙、梁、柱的分析计算是分开的，楼板在“砼结构施工图”模块中分析和计算，SATWE中通过楼板荷载导算、考虑楼板刚度和中梁刚度放大系数等参数考虑楼板对整体结构的影响；当然，在V4.3之后的版本，SATWE中也增加了“弹性板按有限元”分析的功能，可以将弹性楼板带入整体模型中分析计算。

在“砼结构施工图”中楼板的分析计算也存在承载力极限状态的配筋计算和正常使用极限状态的挠度和裂缝验算。但是目前在施工图模块中未存在结构重要性系数这个参数，程序默认是没有考虑该参数的，因此如果在配筋计算中用户希望考虑该参数，可以在“参数”-“工况信息”中人工修改分项系数以近似考虑该参数。如下图所示：



图11 楼板设计-参数设置

通过修改组合工况系数后，在计算结果中的计算书中我们可以看到，对于配筋计算结果，程序会按照修改的工况组合进行计算；对于挠度和裂缝验算，程序还是按照未修改的第1工况（准永久组合工况）计算。

3. 荷载:  
 梁六层平层组合: 2  
 工况, 荷载 荷载值: 4.50 系数 1.45  
 工况, 荷载 荷载值: 2.00 系数 1.65

4. 材料:  
 钢筋  $f_y = 335 \text{ MPa}$   
 计算间距  $L_x = 3200 \text{ mm}$ ; 计算间距  $L_y = 6500 \text{ mm}$   
 混凝土等级: C40; 保护层厚度: 20/25/30  
 弯折比:  $\beta = 1.0$   
 保护层厚度: 板底 15 mm; 板顶 15 mm

5. 计算办法: 弹性计算。  
 6. 考虑活荷载不利组合  
 7. 程序自动生成计算结果表

二. 计算结果:  
 $M_x = 18.58272 \times 0.954475 \times 1.45 = 24.81 \text{ kN}\cdot\text{m}$   
 $M_y = 0.01544 \times 0.954475 \times 1.65 = 0.24 \text{ kN}\cdot\text{m}$   
 $M_{x1} = 18.58272 \times 0.954475 \times 1.45 \times 0.8 = 15.74 \text{ kN}\cdot\text{m}$   
 $M_{y1} = 0.01544 \times 0.954475 \times 1.65 \times 0.8 = 0.19 \text{ kN}\cdot\text{m}$   
 $A_{s1} = 0.45 \times 24 = 10.8 \text{ mm}^2$   
 $A_{s2} = 286.57 \text{ mm}^2$ , 选配 3#16@100 (实际配筋率  $\rho = 0.27\%$ )  
 $F_{min} = 0.226\%$ ,  $\rho = 0.27\%$

图12 配筋计算结果

二. 计算结果: 工况 1 (梁平层组合, 梁板)  
 $M_x = 18.58272 \times 0.954475 \times 1.45 = 24.81 \text{ kN}\cdot\text{m}$   
 $M_y = 0.01544 \times 0.954475 \times 1.65 = 0.24 \text{ kN}\cdot\text{m}$   
 $M_{x1} = 18.58272 \times 0.954475 \times 1.45 \times 0.8 = 15.74 \text{ kN}\cdot\text{m}$   
 $M_{y1} = 0.01544 \times 0.954475 \times 1.65 \times 0.8 = 0.19 \text{ kN}\cdot\text{m}$   
 $A_{s1} = 0.45 \times 24 = 10.8 \text{ mm}^2$   
 $A_{s2} = 286.57 \text{ mm}^2$ , 选配 3#16@100 (实际配筋率  $\rho = 0.27\%$ )  
 $F_{min} = 0.226\%$ ,  $\rho = 0.27\%$

三. 跨中挠度计算:  
 $M_k = \dots$  按荷载效应的标准组合计算的弯矩  
 (1). 材料和几何参数:  
 $E_s = 200000.0 \text{ N/mm}^2$ ,  $E_c = 31500.0 \text{ N/mm}^2$   
 $I_{1k} = 3.79 \text{ m}^4$ ,  $I_{2k} = 316.9 \text{ m}^4$   
 (2). 荷载效应的准永久组合作用下, 梁构件的短期刚度  $B_s$ :  
 (3). 荷载效应的准永久组合作用下, 梁构件的长期刚度  $B_l$ :  
 $\eta = 1.1 - 0.65 \times f_{tk} / f_{tk} = 0.92$  (混凝土规范式 7.1.2-2)  
 $\rho_{eq} = M_k / (0.87 \times h_0 \times A_s) = 0.0011$  (混凝土规范式 7.1.2-3)  
 $B_{sq} = 2.0 \times 10^9 / (1.97 + \rho_{eq} \times 25000) = 77.118 \text{ Nmm}^2$   
 $B_{s1} = \eta \times B_{sq} = 0.82 \times 77.118 = 63.217 \text{ Nmm}^2$   
 $B_{s2} = \eta \times B_{sq} = 0.82 \times 77.118 = 63.217 \text{ Nmm}^2$   
 $B_{l1} = 316.9 \times 0.92 = 291.144 \text{ Nmm}^2$   
 $B_{l2} = 316.9 \times 0.92 = 291.144 \text{ Nmm}^2$   
 $\rho = 0.27\%$ ,  $\rho_{eq} = 0.0011$   
 $\eta = 0.92$ ,  $\rho_{eq} = 0.0011$   
 $\rho = 0.27\%$ ,  $\rho_{eq} = 0.0011$

图13 挠度、裂缝计算结果

### 2.3 基础JCCAD分析计算

对于JCCAD模块, 程序在“参数”中的第一个参数就是“结构重要性系数”, 程序默认是1.0, 用户可以根据实际项目情况进行修改。

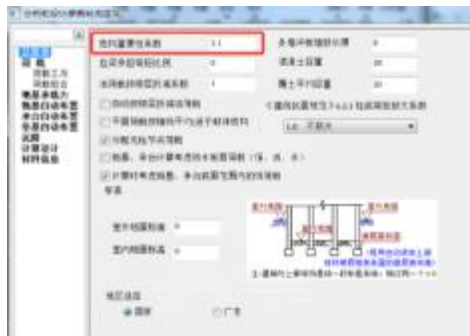


图14 JCCAD参数设置

结合上节规范要求, 可以看出, 程序对于地基承载力验算、冲剪验算、内力配筋计算等均执行了规范的结构重要性系数相关计算要求, 如下图所示:

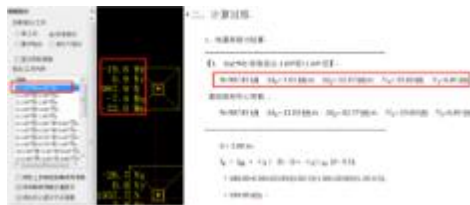


图15 地基承载力验算



图16 基础冲剪验算



图17 基础配筋计算

### 2.4 STS二维门刚分析计算

对于二维门式刚架模块，程序在“参数输入”中的“总信息参数”有“结构重要性系数”，程序默认是1.0，用户可以根据实际项目情况进行修改。

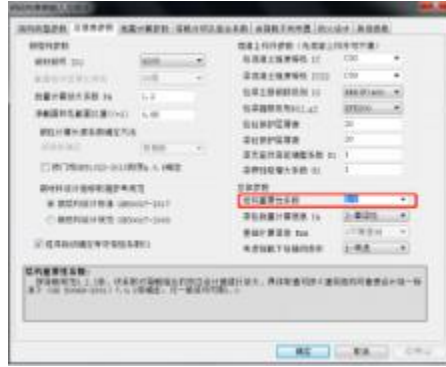


图18 二维门刚参数设置

对于该模块，通过设置不同的结构重要性系数参数，对比计算结果可以看出：对于强度、稳定性验算，程序均考虑1.1倍的放大；而对于挠度验算，程序按正常使用极限状态未考虑结构重要性系数。如下图所示。



图19 不同结构重要性系数结果对比

### 3 小结与展望

针对作者在日常技术咨询工作中设计师常对结构重要性系数是否执行感到疑惑，本文较为详细地从规范及程序不同模块对规范的执行进行了梳理，希望对PKPM的广大用户在实际应用和理解软件有所帮助。由于本人水平有限，不足之处也欢迎大家批评指正。

#### 参考文献

- [1] SATWE多层及高层建筑结构空间有限元分析与设计软件用户手册.
- [2] GB 50068-2018建筑结构可靠性设计统一标准[S].北京：中国建筑工业出版社，2018.
- [3] GB 50009-2012建筑结构荷载规范[S].北京：中国建筑工业出版社，2012.
- [4] GB 50010-2010(2015年版)混凝土结构设计规范[S].北京：中国建筑工业出版社，2015.
- [5] GB 50007-2011建筑地基基础设计规范[S].北京：中国建筑工业出版社，2011.