

## 构件承载力验算中的参数研究

王晶

中冶华天南京工程技术有限公司, 江苏 南京 210000

[摘要] 构件的承载力验算涉及的结构设计的方方面面, 无论是持久工况, 短暂工况, 地震工况, 承载力验算均是重中之重。各个工程在设计的过程中, 结构作为整体进行分析, 局部考虑是薄弱部位的构件也要进行单独的验算, 只有这样才能保证结构构件及整体的安全性, 同时也要考虑经济性。本篇文章针对构件承载力验算各工况, 对比各种参数取值的不同, 分析其中的原因, 以供设计人员参考。

[关键词] 抗震性能化设计; 小震; 中震; 大震; 分项系数

DOI: 10.33142/sca.v5i4.6664

中图分类号: TU392.1

文献标识码: A

### Study on Parameters in Checking Calculation of Member Bearing Capacity

WANG Jing

MCC Huatian Nanjing Engineering & Technology Corporation, Nanjing, Jiangsu, 210000, China

**Abstract:** The checking calculation of the bearing capacity of members involves all aspects of the structural design, whether it is the lasting condition, the transient condition, or the seismic condition, the checking calculation of the bearing capacity is the most important. In the design process of each project, the structure shall be analyzed as a whole, and the components with local weak parts shall also be checked separately. Only in this way can the safety of structural components and the whole be ensured, and the economy be considered. In this paper, the different values of various parameters are compared and the reasons are analyzed for the reference of designers.

**Keywords:** seismic performance-based design; small earthquake; moderate earthquake; large earthquake; partial coefficient

#### 引言

本文中以某 11 层混凝土框架结构为案例, 分析不同工况构件承载力验算公式中, 地震计算中对各种工况内力进行调整、地震作用在不同的承重构件有不同的系数的调整、材料强度取值的不同之处; 根据实际案例电算结果, 对比各工况参数取值的不同, 总结抗震性能化设计中小震中震大震各参数的取值变化规律, 判断活荷载折减系数是否参与地震组合。

#### 1 各工况承载力验算表达式

##### 1.1 持久设计状况、短暂设计状况

$\gamma_0 S_d \leq R_d$ , 式中, 材料强度采用设计值, 结构重要性作为参考系数, 同时考虑荷载在不同情况下的分项系数, 考虑楼层活荷载折减。

##### 1.2 小震(多遇地震)弹性验算

$S_d \leq R_d / \gamma_{RE}$ , 式中, 材料强度采用设计值, 不考虑结构重要性系数, 考虑承载力抗震调整系数, 风荷载组合视情况而定。

##### 1.3 中震(设防地震)弹性验算

$S_d \leq R_d / \gamma_{RE}$ , 式中,  $S_d = \gamma_G S_{GE} + \gamma_{Eh} S_{Ehk} + \gamma_{Ev} S_{Evk}$ , 在此公式中, 材料的强度按照设计值选用, 荷载分项系数就不需要考虑, 不考虑楼层活荷载折减, 不考虑结构重要性系数, 但是承载力的抗震计算调整系数就需要考虑, 风荷载组合在公式中不考虑, 其中  $SE_{hk}$  是竖向地震作用的

标准值,  $SE_{vk}$  是水平地震作用的标准值, 和抗震等级有关的增大系数反而不需要考虑。

##### 1.4 中震(设防地震)不屈服验算

$SGE + SE_{hk} + 0.4SE_{vk} \leq R_k$ , 式中, 材料强度采用标准值, 因为是标准值, 所以在公式中荷载的分项系数是不考虑的, 不考虑楼层活荷载折减, 不考虑结构重要性系数, 但是承载力的抗震调整系数在公式中是需要考虑的, 计算式中也不用考虑风荷载, 其中  $SE_{hk}$  是竖向地震作用标准值,  $SE_{vk}$  是水平地震作用标准值, 和抗震等级有关的增大系数反而不需要考虑的。其中水平的长度大于 2m 的悬臂结构, 以及跨度大于 18m 的结构中, 像柱子, 转换梁以及墙等关键构件的正截面计算应符合下式,  $SGE + 0.4SE_{hk} + SE_{vk} \leq R_k$ , 材料强度考虑了折减, 更加安全, 采用标准值, 荷载分项系数是不考虑的, 楼层活荷载的折减也是不考虑的, 考虑承载力抗震调整系数, 不考虑风荷载组合, 其中  $SE_{hk}$  是竖向地震作用的标准值,  $SE_{vk}$  是水平地震作用的标准值, 和抗震等级有关的增大系数反而不需要考虑。

##### 1.5 大震(罕遇地震)弹性验算

$S_d \leq R_d / \gamma_{RE}$ , 式中,  $S_d = \gamma_G S_{GE} + \gamma_{Eh} S_{Ehk} + \gamma_{Ev} S_{Evk}$ , 公式中的用的是材料强度的设计值, 荷载按照标准值计算, 楼层活荷载造成的有利影响也不考虑, 考虑承载力抗震调整系数, 不考虑风荷载组合, 其中  $SE_{hk}$  是竖向地震作用的标准值,  $SE_{vk}$  是水平地震作用的标准值, 和抗震等级有

关的增大系数反而不需要考虑。

### 1.6 大震（罕遇地震）不屈服验算

$SGE+SEhk+0.4SEvk \leq Rk$ , 式中, 材料强度采用标准值, 荷载按照荷载标准值取值, 不考虑楼层活荷载折减, 不考虑结构重要性系数, 承载力的抗震调整系数是需要考虑的, 风荷载不用进行计算, 其中  $SEhk$  和  $SEvk$  分别为水平和竖向地震作用标准值, 均不需要考虑和抗震等级有关的增大系数, 但应考虑结构进入弹塑性阶段地震剪力的折减。其中水平的长度大于 2m 的悬臂结构, 以及跨度大于 18m 的结构中, 像柱子, 转换梁以及墙等关键构件的正截面计算应符合下式,  $SGE+0.4SEhk+SEvk \leq Rk$ , 材料强度考虑了折减, 更加安全, 采用标准值, 荷载分项系数是不考虑的, 楼层活荷载的折减也是不考虑的, 考虑承载力抗震调整系数, 不考虑风荷载组合, 其中  $SEhk$  是竖向地震作用的标准值,  $SEvk$  是水平地震作用的标准值, 和抗震等级有关的增大系数反而不需要考虑。

### 1.7 部分竖向构件以及大部分耗能构件屈服后验算

钢筋混凝土竖向构件受剪截面应符合下式规定

$$V_{GE} + V_{Ek} \leq 0.15f_{ck}bh_0 \quad (1)$$

钢-混凝土组合剪力墙竖向构件受剪截面应符合下式规定

$$(V_{GE} + V_{Ek}^*) (0.25f_{ak}A_a + 0.5f_{spk}A_{sp}) \leq 0.15f_{ck}bh_0 \quad (2)$$

$VEk$  是地震作用标准值的构件剪力。材料强度采用标准值。

以上列出的几种构件验算表达式, 基本涵盖了构件非抗震验算和抗震验算, 构件验算的所有情况。经过对比可得出:

表 1 公式参数对比表

对比参数	非地震	小震弹性	中震弹性	中震不屈服	大震弹性	大震不屈服
材料强度	设计值	设计值	设计值	标准值	设计值	标准值
重要性系数	考虑	不采用	不采用	不采用	不采用	不采用
荷载分项系数	考虑	考虑	考虑	不考虑	考虑	不考虑
楼层活载折减	考虑	不考虑	不考虑	不考虑	不考虑	不考虑
抗震调整系数 $\gamma_{RE}$	不考虑	考虑	考虑	不考虑	考虑	不考虑
风荷载组合	考虑	考虑	不考虑	不考虑	不考虑	不考虑
与抗震等级有关的调整	不考虑	考虑	不考虑	不考虑	不考虑	不考虑

### 2 性能化设计中承载力验算公式的参数分析

我国的 89 规范提出了, 抗震设防的基本目标是小震不坏, 中震可修, 大震不倒; 即简称三水准设计, 当本地区的地震小于多遇地震的设防烈度的时候, 不受损坏的主体结构或者不需要修理就可以继续使用的; 当遇到是本地设防的时候, 建筑物就可能发生损坏, 但是经过简单修理或者一般修理, 建筑物或者构筑物可以继续正常使用; 当

遇到高于设计的地震情况时, 譬如说罕遇地震的影响的时候, 不至于严重倒塌发生生命安全的事故。以上我们只是对于一般的情况, 对其性能目标进行基本设计, 中震和大震基本上不需要做计算分析, 只需要满足规范规定抗震构造措施即可。

为了达到三水准的设计, 我们设计步骤一般都会采取两阶段的方式, 第一阶段就是考虑多遇地震的参数, 通过考虑这个来计算结构的弹性地震作用标准值, 以及结构相应的地震作用效应, 我们计算判别的时候都是采用有分项系数的表达式, 来进行结构或者关键构件的承载力在地震作用下的验算, 然后通过基础的结构力学的概念设计, 还有构造措施来满足罕遇地震的条件, 适用于大多数规则结构和一般不规则结构。

当发生强烈地震的时候, 对于特别易倒塌的结构, 就是会在明显薄弱的地方, 以及其他需要满足特殊要求的建筑, 都要对其进行结构薄弱部位或者关键构件的验算, 例如弹塑性的状态下发生的层间变形的验算, 及时采用各种抗震的构造措施, 从而实现罕遇地震作用下设防要求。对结构采用性能化的设计, 通常情况下我们需要从各个方面进行考虑。由于在我国, 在强烈地震下仍然有不少经验在设计中应用, 但是一些真实可靠的数据, 因此我们的设计实际是宜偏于安全一些。

为什么要进行性能化设计? 目的就是在结构或构件在承载力及其变形能力之间找到一个平衡点。确定公式的设计值时, 荷载方面需要考虑分项系数、抗力方面呢也需要考虑材料分项系数、在地震情况下的调整系数, 就是这些因素的不用就会造成结构的安全性出现高低差别。荷载的分类会有标准值和极限值, 对于以上两种取值的确定应该不考虑分项系数、承载力的抗震计算时的调整系数和内力计算时的调整系数, 但材料强度我们可以去两种, 分别第一种是标准值和第二种是最小极限值。其中, 钢材的强度最小极限值  $f_u$  按《高钢规》JGJ 99 采用, 约为钢材屈服强度的 (1.35~1.5) 倍; 钢筋最小极限强度参照《高钢规》第 3.9.2 条, 取钢筋屈服强度  $f_y$  的 1.25 倍; 混凝土的最小极限强度是按照《混规》GB 50011-2002 第 4.1.3 条说明, 由于实际浇筑的结构混凝土强度因为环境的因素, 与试件混凝土强度会有差异, 取立方强度的 0.88 倍。

建筑抗震设计规范中, 第 1 性能目标的弹性设计表达式中, 其分项系数就是第 5 章常规设计时采用的分项系数, 只是在性能化设计中, 均不考虑风荷载的影响, 即使在大震的作用下呢, 也不需要考虑由于地震引起的内力调整系数, 但应考虑荷载作用分项系数。因为地震作用是瞬时动荷载, 此时如果叠加风荷载的作用效应, 没有实际工程意义, 而且性能化设计本来就是专门针对部分构件或者结构部分区域的加强, 故风荷载不参与组合。对于其中的性能

3 目标的设计，作用分项系数和内力调整系数均取 1.0，材料分项系数和抗震承载力调整系数均取为 1.0。

### 3 计算实例中参数对比

某 7 度，0.10g，总高 45 米，抗震设防类别为标准设防（丙类），11 层框架结构的抗震性能化设计为例。结构平面矩形，柱网均匀，为了达到建筑一楼大厅上空要求，二楼楼板局部开洞，考虑开洞后，对楼板刚度有削弱作用，导致地震剪力传递路径有局部集中，对开洞周边构件进行抗震性能化设计。性能化设计定义界面如图 1，部分构件按正截面不屈服，斜截面弹性计算。三维视图见图 2。

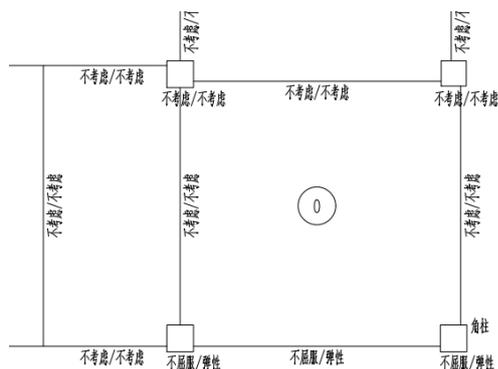


图 1 PKPM 结构构件抗震性能化设计定义界面

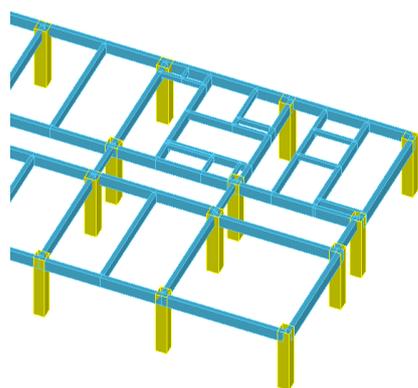


图 2 结构构件局部三维界面

使用 PKPMV6.1.1SATWE 分别建立小震、中震和大震模型，地震影响系数最大值分别取 0.08, 0.23, 0.50. 应用振型分解反应谱法，以图中右下角柱在各荷载工况下轴力标准值结果为例：

表 2 柱轴力标准值，单位 (KN)

对比项目	小震	中震(弹性/不屈服)	大震(弹性/不屈服)
LL(活载)(折减系数 1.0)	450.95	405.86	405.86
LL(活载)(折减系数 0.9)	405.86	405.86	405.86
EXP(X 向正偏心地震)	751.95	2161.85	5079.38

可见，无论活荷载是否折减，中震和大震的活载标准值均无变化，在小震验算中，考虑了活荷载的折减系数。但是折减系数是在持久工况还是地震工况中发挥作用，需要看组合后轴力值表 3 才能对比出结果。根据表 3 结果，说明活荷载折减系数不参与地震组合，只在持久工况验算中发挥作用。

表 3 组合后柱轴力，单位 (KN)

对比项目	小震	中震弹性	中震不屈服
轴力(组合后)(活荷载折减系数 0.9)	7157	10757	405.86
轴力(组合后)(活荷载折减系数 1.0)	7157	10757	405.86

在实际计算中，小震中震大震构件设计的属性在 pkpm 计算结果中也会有同样的发现，那就是在中震和大震地震组合内力调整系数（即与抗震等级有关的调整）均为 1.0，在小震的时候，内力调整系数为 1.65，这样也可以从侧面验证了表 1 中与抗震等级有关的调整的正确性。

### 4 结论

本文针对抗震性能化设计中，小震中震大震构件构件承载力验算表达式各参数取值列出对比梳理，采用实际案例电算结果验证，印证了表 1 的正确性，活载折减系数只参与持久设计状况、短暂设计状况。地震设计工况中，活荷载由于属于一种瞬时动力荷载，作为重力代表值的一部分考虑，故不需要考虑折减系数。

#### [参考文献]

- [1]GB50011-2010 建筑抗震设计规范[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2016.
- [2]GB50009—2012, 建筑结构荷载规范[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2012.
- [3]JGJ3—2010 高层建筑混凝土结构技术规程[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2011.

作者简介：王晶（1989.2-）女，西安建筑科技大学土木工程，中冶华天工程技术有限公司，无职务，中级工程师。