

# 建筑结构设计一些问题的讨论 (六)

李国胜/北京市建筑设计研究院, 北京 100045

《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2010)(简称《抗规》)、《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010)(简称《混凝土规范》)、《高层混凝土结构技术规程》(JGJ 3—2010)(简称《高规》)相继开始执行,有关专业人员都在关心这些标准中的重要规定和相互有哪些不一致及仍不明确的一些问题,本文按作者的学习体会和认识就上述问题进行讨论。

## 1 重要规定

### 1.1 抗震措施和抗震构造措施

《抗规》第 2.1.10 条、第 2.1.11 条的条文说明:抗震构造措施只是抗震措施的一个组成部分。地震作用效应(内力和变形)调整的规定均属于抗震措施,而设计要求中规定,可能包含有抗震措施和抗震构造措施。

2004 年《北京市建筑设计技术细则-结构专业》(简称《北京细则》)第 5.4.3 条 2 款:抗震措施应包括抗震计算措施和抗震构造措施两项:应按相应抗震等级满足第 5.4.4 条(剪压比、组合弯矩、剪力增大系数等)计算要求,即计算中对各类构件组合内力进行相应调整,满足强剪弱弯,避免脆性破坏,使塑性铰出现在规定的部位等要求。抗震构造措施应按相应抗震等级满足第 5.4.5 条要求,例如,剪力墙截面的最小厚度、分布钢筋最小配筋率、轴压比、边缘构件、钢筋锚固长度等构造要求。

### 1.2 结构抗震性能设计

《高规》第 3.14 节结构抗震性能设计,是新增加的重要内容。基于性能的抗震设计方法,自 20 世纪 90 年代在美国兴起,在我国和其他国家已在许多建筑结构工程中采用。这种设计方法的特点:使抗震设计从宏观定性目标向具体量化的多重目标过渡,业主(设计者)可选择所需的性能目标;抗震设计中更强调实施性能目标的深入分析和论证,有利于建筑结构的创新,经过论证(包括试验)可以采用现行规范中还未规定的新结构体系、新技术、新材料;有利于根据不同抗震设防烈度、场地条件及建筑的重要性采用不同的性能目标和抗震措施。

结构抗震性能目标应综合考虑抗震设防类别、设防烈度、场地条件、结构的特殊性、建造费用、震后损失和修复难易程度等各项因素后选定。结构抗震性能目标分为 A, B, C, D 四个等级,结构抗

震性能分为 1, 2, 3, 4, 5 五个水准(表 1)。A, B, C, D 四级性能目标的结构,在小震作用下均应满足第 1 抗震性能水准,即满足弹性设计要求;在中震或大震作用下,四种性能目标所要求的结构抗震性能水准有较大的区别。在中震和大震作用下结构构件按弹性或不屈服计算时有以下要点:按工程的设防烈度,分别取中震或大震的最大地震影响系数  $\alpha_{\max}$ ; 风荷载效应不组合;弹性计算时:1) 不考虑与抗震等级相关的地震组合内力增大系数;2) 考虑重力及地震作用的分项系数;3) 考虑材料分项系数(即材料强度为设计值);4) 考虑抗震承载力调整系数  $\gamma_{RE}$ 。不屈服计算时:1) 不考虑与抗震等级相关的地震组合内力增大系数;2) 重力及地震作用的分项系数均取为 1(即取标准值);3) 材料强度均取标准值;4) 不考虑抗震承载力调整系数  $\gamma_{RE}$ (即取 1)<sup>[1]</sup>。

结构抗震性能目标 表 1

地震水准	性能目标			
	A	B	C	D
多遇地震	1	1	1	1
设防烈度地震	1	2	3	4
预估的罕遇地震	2	3	4	5

### 1.3 分项系数 $\gamma_G$ 的取值

《高规》第 5.6.2 条 1 款和《建筑结构荷载规范》(GB 50009—2001)(2006 年版)第 3.2.5 条规定:对由永久荷载效应控制的组合时,分项系数  $\gamma_G$  应取 1.35。当活荷载标准值等于或小于总荷载标准值的 26% 时应以此计算,则  $S_d = \gamma_G S_{Gk} + \psi_Q \gamma_Q S_{Qk} = 1.35 S_{Gk} + 1.4 \times 0.7 S_{Qk}$ 。在设计顶板上覆土厚度较大的地下车库时需要采用此种组合<sup>[2]</sup>。

### 1.4 楼板的重要性

《高规》第 3.4.6 条至第 3.4.8 条、第 3.6.1 条至第 3.6.5 条有对楼板的明确规定。

结构在风荷载及水平地震作用下,竖向抗侧力构件之间协同工作主要靠楼板。因此,在某些部位的楼板有足够厚度和整体性是必要的。例如,底部大空间框支剪力墙结构,转换层上部抗侧力构件的剪力要通过转换层楼板进行重分配,传递到落地剪力墙和框支柱上去,因而楼板承受较大的内力,因此要用现浇楼板并采取加强措施。

### 1.5 作为上部结构嵌固部位的地下室楼盖有关规定

除了《高规》第 3.6.3 条、第 3.9.5 条、第 5.3.7 条、第 12.2.1 条和《抗规》第 6.1.14 条与以前的规

定相同以外,增加了地下一层柱上端和节点左右梁端实配钢筋的抗震受弯承载力之和应大于地上一层柱下端实配钢筋的抗震受弯承载力的 1.3 倍。地下一层梁刚度较大时,梁端顶面和底面的纵向钢筋面积均应比计算增大 10%以上。

#### 1.6 框架结构中设少量剪力墙有关规定

《高规》第 8.1.3 条及其说明是新增加的内容,在框架结构中设剪力墙后按 4 种情况确定相应的设计方法。

#### 1.7 梁上开洞有关规定

《高规》第 6.3.7 条和图 6.3.7,对在框架梁(连梁)上开洞时作出了规定,开洞较大时应进行承载力验算,并应符合计算及构造要求。现在有些工程设计的框架梁或连梁上开有较大洞口,仅参照某些图集而不经过程设置构造钢筋,这样做既不符合有关规定,还可能不安全。梁上开洞承载力验算方法可参考有关手册资料。

#### 1.8 对分析软件的计算结果不作分析判断

《高规》第 5.1.16 条、《抗规》第 3.6.6 条 4 款和《混凝土规范》第 5.1.6 条均有规定:对结构分析软件的计算结果,应进行分析判断,确认其合理、有效后方可作为工程设计的依据。实际工程结构分析软件计算结果,由于各种原因出现不正常现象是常见的,需要设计人员根据自己的知识和经验进行分析、判断,做出相应处理是必要的,否则可能造成设计不合理或安全隐患。

#### 1.9 采用规定水平地震力

《抗规》表 3.4.3-1 中,计算扭转不规则时应在“规定的水平力作用下”。《高规》第 3.4.5 条的条文说明:扭转位移比计算时,楼层的位移可取“规定水平地震力”计算。“规定水平地震力”一般可采用振型组合后的楼层地震剪力换算的水平作用力,并考虑偶然偏心。水平作用力的换算原则:每一楼面处的水平作用力取该楼面上、下两个楼层地震剪力差的绝对值。

各楼面的水平作用力计算,应根据《高规》规定由结构分析软件确定。

#### 1.10 应重视规范、规程中的条文注释和条文说明

规范、规程中的条文注释和条文说明都是内容的重要组成部分,有的甚至非常重要。例如,《高规》表 3.3.3-1, A 级高度钢筋混凝土高层建筑的最大适用高度的注 2:“部分框支剪力墙结构指地面以上有部分框支剪力墙的剪力墙结构”;《高规》第 3.4.5 条的注:“当楼层的最大层间位移角不大于本规程第 3.7.3 条规定限值的 40%时,该楼层竖向构件的最大水平位移和层间位移与该楼层平均值的

比值可适当放松,但不大应大于 1.6”;《高规》第 3.7.3 条的注:“抗震设计时,本条规定的楼层位移计算可不考虑偶然偏心的影响”;《抗规》表 6.3.6 和《高规》表 6.4.2,柱轴压比限值的注 1~6 都很重要;《高规》表 8.1.8,剪力墙间距的注 4:“当房屋端部未布置剪力墙时,第一片剪力墙与房屋端部的距离,不宜大于表中剪力墙间距的 1/2”;《高规》第 3.3.2 条的条文说明:“高层建筑的高宽比,是对结构刚度、整体稳定、承载能力和经济合理性的宏观控制;在结构设计满足本规程规定的承载力、稳定、抗倾覆、变形和舒适度等基本要求后,仅从结构安全角度讲高宽比限值不是必须满足的,主要影响结构设计经济性”;《高规》第 3.4.5 条的条文说明:“周期比计算时,可直接计算结构的固有自振特征,不必附加偶然偏心”;《高规》第 6.1.2 条的条文说明:“单跨框架结构是指整栋建筑全部或绝大部分采用单跨框架的结构,不包括仅局部为单跨框架的框架结构。框架-剪力墙结构可局部采用单跨框架结构;其他情况应根据具体情况进行分析、判断”;《高规》第 10.4.1 条的条文说明:“相邻楼盖结构高差超过梁高(编者注:一般为 600mm)范围的,宜按错层结构考虑。结构中仅局部存在错层构件的不属于错层结构,但这些错层构件宜参考本节的规定进行设计”;《高规》第 11.1.1 条的条文说明:“为减小柱子尺寸或增加延性而在混凝土柱中设置构造型钢,而框架梁仍为钢筋混凝土梁时,该体系不视为混合结构;此外对于体系中局部构件(如框支柱)采用型钢梁柱(型钢混凝土梁柱)也不应视为混合结构”;《抗规》第 14.1.1 条的条文说明:“本章的适用范围为单建式地下建筑。高层建筑的地下室(包括设置防震缝与主楼对应范围分开的地下室)属于附建式地下室建筑,其性能要求通常与地面建筑一致,可按本规范有关章节所提出的要求设计”;《高规》第 7.2.2 条的条文说明:“本次修订对 02 规程的规定进行了修改,不论是否短肢剪力墙较多,所有短肢剪力墙都要求满足本条规定,短肢剪力墙的抗震等级不再提高,但在第 2 款中降低了轴压比限值”。等等。

## 2 《抗规》、《高规》、《混凝土规范》等标准不一致的有关规定

### 2.1 抗震等级

《高规》表 3.9.3 中 A 级高度的高层建筑结构抗震等级,框架结构 6 度、7 度、8 度分别为三级、二级、一级;《抗规》表 6.1.2 现浇钢筋混凝土房屋的抗震等级,框架结构 6 度、7 度、8 度的高度 $\leq 24\text{m}$ 时分别为四级、三级、二级,当 $> 24\text{m}$ 时与《高规》

一致。当框架结构房屋为小于或等于 24m 的多层时,抗震等级应按《抗规》表 6.1.2 采用。

## 2.2 相邻楼层侧向刚度的计算

《高规》第 3.5.2 条规定:对框架结构,楼层与其相邻上层的侧向刚度比  $\gamma_1$  不宜小于 0.7,与相邻上部三层刚度平均值的比值不宜小于 0.8。对框架-剪力墙、板柱-剪力墙结构、剪力墙结构、框架-核心筒结构、筒中筒结构,楼层与其相邻上层的侧向刚度比  $\gamma_2$  不宜小于 0.9;当本层层高大于相邻上层层高的 1.5 倍时,该比值不宜小于 1.1;对结构底部嵌固层,该比值不宜小于 1.5。 $\gamma_1$  与  $\gamma_2$  的计算方法完全不同。

《抗规》第 3.4.3 条的表 3.4.3-2 和条文说明,楼层侧向刚度计算方法及楼层与其相邻上部楼层的刚度比值要求,是与《高规》中框架结构相同的,其他结构类型的楼层侧向刚度比值计算与框架结构不再区别。

上述两标准对相邻楼层侧向刚度比值计算和要求是不相同的,多层及高层建筑结构中纯框架结构与其他结构加以区别采用《高规》的规定比较合理。

## 2.3 扭转效应的计算

《高规》第 4.3.3 条规定:计算单向地震作用时应考虑偶然偏心的影响。每层质心沿垂直于地震作用方向的偏移值可采用  $e_i = \pm 0.05L_i$ 。

《抗规》第 5.2.3 条 1 款规定:规则结构不进行扭转耦联计算时,平行于地震作用方向的两个边榀各构件,其地震作用效应应乘以增大系数。

《高规》与《抗规》对扭转效应的计算方法不同,实际工程设计中是采用《高规》的方法,相对概念明确,软件计算操作方便。

## 2.4 柱箍筋加密区箍筋体积配筋率的计算

《混凝土规范》第 11.4.17 条规定:柱箍筋加密区的体积配筋率  $\rho_v$  计算中应扣除重叠部分的箍筋体积。

《高规》第 6.4.7 条 4 款规定:柱箍筋加密区范围计算复合箍筋的体积配筋率时,可不扣除重叠部分的箍筋体积。

上述两标准对柱箍筋体积配筋率计算不同,实际工程设计中采用《混凝土规范》的方法,操作方便,偏于安全。剪力墙的约束边缘构件箍筋体积配筋率也可按此方法计算。

## 2.5 剪力墙截面厚度的确定

《高规》第 7.2.1 条 1 款规定了剪力墙的截面厚度应符合本规程附录 D 的墙体稳定验算要求,其他各款规定了不同部位和抗震等级的墙截面最小

厚度。取消了原《高规》剪力墙厚度与层高或无支长度比值的要求。在条文说明中:“设计人员可按设计经验、轴压比限值及本条 2、3、4 款初步选定剪力墙的厚度,也可参考 02 规程的规定进行初选”。

《抗规》第 6.4.1 条规定了抗震墙截面在不同部位和抗震等级的最小厚度,以及墙厚度与层高或无支长度比值的要求。没有稳定验算的规定。

剪力墙截面厚度首先按与层高或无支长度的比值,再按最小厚度确定,这样操作比较方便,也符合稳定要求,最后还应满足轴压比规定,必要时按稳定验算。应注意的是对于一字形截面外墙、转角窗外墙、框架-剪力墙结构中的单片剪力墙等剪力墙截面厚度不宜按《高规》附录 D 的稳定验算确定。因为某种情况下墙轴压比小而层高大,采用稳定验算确定墙厚度可能不安全。

## 2.6 剪力墙的 L 形和 T 形构造边缘构件的长度

《高规》第 7.2.16 条的图 7.2.16 中 L 形和 T 形阴影部分边端与距垂直墙边均为 300mm。《抗规》第 6.4.5 条的图 6.4.5-1 中 L 形阴影部分边端距垂直墙边为  $\geq 200$ mm,总长为  $\geq 400$ mm; T 形阴影部分总长  $\geq b_w$ ,  $\geq b_f$  且  $\geq 400$ mm。

上述两标准的取值不一样,工程设计时高层建筑结构应按《高规》,多层建筑结构宜按《抗规》。

## 2.7 框架-剪力墙结构中带边框剪力墙暗梁高度取值

《高规》第 8.2.2 条 3 款规定:暗梁截面高度可取墙厚的 2 倍或与该榀框架梁截面等高,暗梁配筋可按构造配置且应符合一般框架梁相应抗震等级的最小配筋要求。《抗规》第 6.5.1 条 2 款规定:暗梁的截面高度不宜小于墙厚和 400mm 的较大值。

试验表明,带边框剪力墙具有较好的延性,在水平地震或风荷载作用下可阻止裂缝扩展,暗梁高度的取值直接关系暗梁配筋的数量。高层建筑结构宜按《高规》规定取值,多层建筑结构可按《抗规》取值。对于框架-核心筒结构的高层建筑的核心筒外墙厚度  $\geq 400$ mm 时,暗梁高度可取 1.5 倍墙厚度。

## 2.8 “相关范围”

《高规》第 3.9.5 条规定:抗震设计时的高层建筑,当地下室顶层作为上部结构的嵌固端时,地下一层相关范围的抗震等级应按上部结构采用。该条的条文说明:“相关范围”一般指主楼周边外延 1~2 跨的地下室范围。《抗规》第 6.1.3 条 3 款规定:当地下室顶板作为上部结构的嵌固部位时,地下一层的抗震等级应与上部结构相同,地下室中无上部结构部分,抗震构造措施的抗震等级可根据具体情况采用三级或四级。

《高规》第 3.9.6 条的条文说明：当裙楼与主楼相连时，相关范围内裙楼的抗震等级不应低于主楼，“相关范围”一般指主楼周边外延不少于三跨的裙房结构。《抗规》第 6.1.3 条 2 款及其条文说明：裙房与主楼相连，除应按裙房本身确定抗震等级外，相关范围不应低于主楼的抗震等级，裙房与主楼相连的相关范围，一般可从主楼层周边外延 3 跨且不小于 20m。

《高规》第 5.3.7 条及其条文说明：高层建筑结构整体计算中，当地下室顶板作为上部结构嵌固部位时，地下一层与首层侧向刚度比不宜小于 2，计算地下室结构楼层侧向刚度时，可考虑地上结构以外的地下相关部位的结构，“相关部位”一般指地上结构外扩不超过三跨的地下室范围。《抗规》第 6.1.14 条及其条文说明：地下室顶板作为上部结构的嵌固部位，结构地上一层的侧向刚度，不宜大于相关范围地下一层侧向刚度的 0.5 倍，“相关范围”一般从地上结构（主楼、有裙房时含裙房）周边外延不大于 20m。

《抗规》与《高规》的规定不完全相同，设计高层建筑结构时可按《高规》，设计多层建筑结构时可按《抗规》，其中不小于三跨或不超过三跨，也可按不小于 20m 或不大于 20m 采用。地下一层顶板作为上部结构的嵌固部位时，对地下一层与地上一层侧向刚度比的规定，两者提法不同而实质是一样的。

### 2.9 楼层剪力增大系数

《高规》第 3.5.8 条规定：侧向刚度变化、承载力变化、竖向抗侧力构件连续性不符合本规程第 3.5.2、3.5.3、3.5.4 条要求的楼层对应于地震作用标准值的剪力应乘以 1.25 的增大系数。《抗规》第 3.4.4 条 2 款规定：平面规则而竖向不规则的建筑，应采用空间结构计算模型，刚度小的楼层的地震剪力应乘以不小于 1.15 的增大系数。

《高规》与《抗规》不一致，高层建筑结构设计应按《高规》，多层建筑设计也可按《抗规》。

《高规》的增大系数由 02 年版的 1.15 调整为 1.25。

### 3 应重视对规范、规程一些不明确问题的处理

(1) 《高规》第 5.3.7 条及其条文说明规定：高层建筑结构整体计算中，当地下室顶板作为上部结构嵌固部位时，地下一层与首层侧向刚度比不宜小于 2。计算地下室结构楼层侧向刚度时，可考虑地上结构以外的地下室相关部位的结构，“相关部位”一般指地上结构外扩不超过三跨（不大于 20m）的地下室范围。楼层侧向刚度比可按本规程附录 E.0.1 条公式计算。

《高规》中没有规定当不满足楼层侧向刚度比时嵌固部位应该设置在哪层。一般剪力墙结构的下一层顶板按楼层侧向刚度比是满足不了作为上部结构的嵌固部位。当房屋的地下室层数多于一层时，如果地下一层顶板满足不了嵌固部位条件，地下二层顶板为嵌固部位即可，不需要再往下延伸。因为地下二层周围土的侧限约束，结构已无侧移，以下部位可作为具有嵌固条件的大基础。作为嵌固部位，基本假定是此部位无侧向位移。

(2) 《抗规》和《高规》中有关转换层的规定，均指地上建筑结构底部。现在有不少工程地下室用做汽车库或设备机房，上部剪力墙不能直接落到基础，而需要设转换构件；上部屋顶因建筑体形需要，部分柱需要由下部楼层梁承托转换。这些部位的转换构件及相关柱和墙，应参照《高规》有关转换结构的规定，按原抗震等级对转换构件的水平地震作用计算内力应乘以增大系数，7 度（015g）和 8 度抗震设计时还应考虑竖向地震影响。这些结构构件受力复杂，除进行整体分析外，还应进行局部补充计算。

(3) 上部剪力墙墙肢的边缘构件，相当于偏心受压柱或偏心受拉柱配置竖向受力钢筋的部位。无上部剪力墙的地下室钢筋混凝土墙，无论高层、多层建筑结构，还是地下车库，这些墙主要承受剪力而不是偏压或偏拉构件，因此，从受力概念可以不设置边缘构件。地下室人防部分，应按人防规范有关规定，洞口按计算或构造进行配筋。

(4) 《抗规》第 6.1.14 条和《高规》第 3.6.3 条规定：地下室顶板作为上部结构的嵌固部位时，地下室顶板应采用现浇梁板结构。《北京细则》第 5.1.2 条 4 款 3) 规定：地下室顶板作为上部结构的嵌固部位时，如地下室结构的楼层侧向刚度不小于相邻上部楼层侧向刚度的 3 倍时，地下室顶板也可采用现浇板柱结构（但应设置托板或柱帽）。

当房屋设有多层地下室时，规范、规程、《北京细则》只有作为上部结构嵌固部位楼盖结构的规定，其他层楼盖结构没有要求。在实际工程设计中，有不少工程的地下室及其他层楼盖结构采用了设有平托板柱帽的板柱结构。地下室用做汽车库时，当采用梁板式楼盖时，层高一般为 3.7m 或 3.8m，采用板柱式楼盖时层高可为 3.3m 或 3.4m。地下车库的楼盖和顶板也可采用板柱结构。地下室楼盖采用板柱结构，可减少挖土量、基坑护坡，方便施工，缩短工期，节省综合造价<sup>[3]</sup>。

(5) 地下室内外钢筋混凝土墙，除上部为框剪结构延续到地下室的剪力墙以外，在楼板、基础

底板相连处没有必要设置暗梁。在地下室底层的门口宽度不大于基础底板厚度的两倍时,在底板洞口下可不设梁。

(6) 地下室外墙,承受土压、水压、地面活载、人防等效侧压等侧向压力,同时有竖向轴压力,因此,外墙的裂缝宽度应按偏心受压构件验算,不应按纯弯曲构件验算,否则需增加许多不必要的为裂缝控制的钢筋。应注意一般计算软件没有外墙平面外按偏心受压构件验算裂缝宽度的功能,需要按偏心受压构件补充验算裂缝<sup>[3]</sup>。

(7) 框架-核心筒结构的基础,由于核心筒部分在竖向荷载作用下反力比平均值大很多,核心筒范围的基础无论天然地基或桩基必须强化,例如,天然地基时采用 CFG 桩复合地基加强,桩基时将桩加长或间距加密等,以控制核心筒部分基础与其他部分基础的不均匀沉降。

(8) 《高规》第 3.4.13 条 3 款规定:施工后浇带钢筋采用搭接接头,后浇带混凝土宜在 45d 后浇筑。设置施工后浇带的目的是为释放混凝土硬化过程中收缩应力从而控制裂缝,按《高规》第 3.4.13 条后浇带处钢筋不断是为避免后浇带宽度过大,有利于方便施工操作和质量控制。如果按现在某些标准图集或工程设计施工图结构总说明中要求在后浇带处应增设附加钢筋,这违背了设置施工后浇带的意义。

(9) 框架梁柱节点混凝土强度等级要求同柱的混凝土强度等级相等,或不超过一级。当梁、板混凝土强度等级低于柱的混凝土强度等级时,应采取措施保证梁柱节点应有的混凝土强度等级。剪力墙在与楼板、梁相连范围内,由于有效截面已扩

(上接第 13 页)

材料的建议。至少建筑结构的主要受力部件上不用有机材料。目前,有建设部中国工程建设标准化协会已出版的 CECS 242:2008 《水泥复合砂浆钢筋网加固混凝土结构技术规程》就是用无机材料加固混凝土结构的技术文件,且施工简便、造价低廉,耐久性好,对环境无污染。

这是一个对工程结构百年大计负责任、对子孙后代负责的建议。希望广大工程技术人员理解,树立一种绿色环保、低碳经济、持续持久的概念。

#### 参 考 文 献

- [1] 刘海,姚继涛,牛荻涛,等. 混凝土结构碳化耐久性的分项系数设计法[J]. 建筑结构学报, 2008, 29(S1): 42-46.
- [2] 金伟良,吕清芳,赵羽习,等. 混凝土结构耐久性设计

大,对轴压比、受剪承载力和偏压承载力均有利,因此这些范围的混凝土强度等级可同梁板的混凝土强度等级。

(10) 主楼旁边地下车库顶部填土时,顶面同样可作为室外地面考虑主楼基础埋置深度。

(11) 地下车库顶板与主楼地下一层顶板不在同一高度,而且相差超过 600mm 以上形成错层,在确定主楼地下一层顶板是否能作为上部结构的嵌固部位时,与主楼相关部位的地下车库楼层侧向刚度不能计入主楼地下一层侧向刚度。

(12) 山坡地上的建房,正面室外地面与背面或侧面有高差,高层建筑的基础埋置深度应按正面低的地面算起,低层或多层建筑的基础埋深要求可不同于高层建筑,但基础底必须在防冻层以下。此类建筑结构整体计算时,应考虑侧面土压产生的水平力作用及各侧面钢筋混凝土墙不同布置在水平地震作用下的扭转效应。高层、多层和低层住宅房屋,有下沉式庭院时也应参照上述山坡上建房时的进行结构设计。

#### 参 考 文 献

- [1] 李国胜. 多高层钢筋混凝土结构设计中疑难问题的处理及算例[M]. 2 版. 北京: 中国建筑工业出版社, 2011.
- [2] 李国胜. 多高层钢筋混凝土结构设计优化与合理构造(附实例)[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2008.
- [3] 李国胜. 多高层建筑基础及地下室结构设计——附实例[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2011.

作者简介: 李国胜, 教授级高工, 一级注册结构工程师, 享受政府特殊津贴专家, Email: LGS33623@sina.com.

方法与寿命预测研究进展[J]. 建筑结构学报, 2007, 28(1): 7-13.

- [3] 吴传海,袁玉卿,王选仓. 重交通道路沥青老化规律及评价方法[J]. 长安大学学报:自然科学版, 2007, 27(5): 35-39.
- [4] 彭勃,潘荣,单远铭. 工程加固中环氧结构胶的耐老化性能[J]. 工业建筑, 2009(2): 94-96.
- [5] 王鹏,曾凡奇,郭成超. 沥青老化方式及时间对沥青性能的影响[J]. 湖南交通科技, 2006, 32(4): 7-18.
- [6] 李昂. 橡胶的老化与寿命估算[J]. 橡胶参考资料, 2009, 39(4): 2-71.

\*国家科技支撑计划项目(2006BAJ03A01-06), 湖南省科技厅重点项目(06sk057), 湖南省住建厅科研项目(201003). 作者简介: 尚守平, 湖南大学 985 工程首席科学家, 教授, 博导, Email: sps@hnu.cn.