

# 某多层框架结构错层处加强措施的案例分析

李佳临 李俊麒

中国城市建设研究院有限公司 北京 100120

**摘要:** 错层结构局部存在薄弱问题, 设计时选用合理的加强措施能改善错层处的性能, 提高结构抗震能力, 该文以某框架结构实例, 进行结构模型设计和计算, 采用框架柱扩大截面的加强措施, 整理对比结构模型整体计算参数和局部构件受力数据, 对加强措施的效果进行分析, 以期对相关研究提供参考。

**关键词:** 错层结构; 设计; 加强措施; 案例分析

## 1 引言

### 1.1 框架结构错层设计概述

相邻楼盖结构高差超过梁高范围的, 宜按错层结构考虑。框架结构错层是指在不同区域楼层之间存在的高度差, 导致结构传力路径中断, 使得对框架柱的抗侧力构件的刚度产生突变, 楼板受到削弱, 框架柱成为结构的薄弱点。

错层结构属于竖向不规则结构, 由于竖向抗侧力构件因计算高度不同而引起刚度突变, 导致框架柱的稳定性受到影响。当进行错层框架结构设计时, 应尽量减少扭转效应, 优化结构布置, 使得错层两侧的侧向刚度和变形性能接近, 以减少错层处框架柱内力, 避免形成薄弱区域。

框架结构错层主要存在的问题包括楼板的错层, 框架柱的应力集中和抗侧力构件的刚度突变。由于楼板的错层, 相当于楼板开大洞, 会形成平面不规则结构, 框架柱因错层高差较小容易形成长、短柱交替出现的现象, 形成框架柱多处应力集中, 竖向抗侧力构件因计算高度不同而引起刚度突变, 因此需要对结构进行详细的分析和设计, 以确保其安全可靠。总的来说, 框架结构错层设计需要充分考虑各种因素, 进行详细的结构分析和设计, 采取适当的加强措施, 以提高结构的整体性能和稳定性。

### 1.2 错层处加强措施重要性

错层处加强措施在框架结构设计中非常重要。由于错层框架结构与通常框架结构相比, 错层框架楼层计算更为复杂, 抗震过程中楼层抗侧力构件实际受到的剪力可能更大, 且框架柱成为短柱, 这都会对结构的安全性和稳定性产生不利影响。因此, 采取有效的加强措施可以改善框架结构错层处的性能, 提高其抗震能力, 确保结构在使用年限内的安全性和功能性。

由于错层结构在很大程度上违反了计算分析程序的基本假定, 使有限元计算未必能得到与实际工程相符的合理结果, 因此, 应尽量采用没有错层结构的设计方案, 如不能在设计方案阶段进行调整, 对错层结构更应当强调概念设计和抗震措施的重要性。在错层处, 应采取一系列加强措施。例如, 增大框架柱的截面尺寸可以增加其承载能力和抗扭刚度; 优化楼板设计, 综合考虑经济性和安全性, 将错层处楼板适当统一加厚, 可以提高楼板的整体性和传力能力。这些加强措施需要根据具体情况进行选择和优化, 以保证错层处结构的安全性和稳定性。错层处加强措施是框架结构错层处设计中的重要环节, 对于提高结构的整体性能和稳定性具有至关重要的作用。在实际工程中, 应根据具体情况选择适当的加强措施, 并确保结构设计满足规范要求。

## 2 资料和方法

《全国民用建筑工程设计技术措施-结构(混凝土结构)2009年版》中第12.3.6条指出“错层结构错层处的框架柱受力复杂, 易发生短柱受剪破坏, 因此在设防烈度地震作用下, 错层处框架柱的截面承载力宜满足设防烈度地震(中震)作用下性能水准2的设计要求。”

《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ3-2010第10.4节对错层结构有明确的介绍和规定。其中指出, “抗震设计时, 错层处框架柱应符合以下要求: 截面高度不应小于600mm。”

《工程结构通用规范》对房屋建筑错层结构设计的规定中指出: “错层处框架柱的混凝土强度等级不应低于C30, 箍筋应全柱段加密配置; 抗震等级应提高一级采用, 已经为特一级时应允许不再提高。”

通过以上对比, 可以看到, 《通规》在错层处竖向构件加强要求范围扩大, 不仅仅针对高层建筑, 多层建筑也涵盖在内, 针对多层建筑中对框架柱尺寸并没有明

确的具体要求，但从整体概念上提供了多层建筑框架结构中错层位置加强措施的解决思路。

### 3 案例分析

#### 3.1 结构模型基本信息

某服务区综合楼，位于河北省承德市，抗震设防为7（0.15g）度，设计地震分组为第三组，场地特征周期0.35s，建筑场地类别为I1类，抗震等级为三级。地上结构共2层，地上一层为综合服务，地上二层为办公室和屋面，其中办公室占比55%，屋面占比45%；整体层高13m，为多层框架结构。一层高为6米，二层办公室层高5~7m，二层局部屋面造型高差3.5m，且与办公室部分存在错层关系，使用YJK软件进行结构建模及分析计算，详见图1。

此工程为多层框架结构，在二层存在大量错层，在受力分析上更为复杂。因此，为了分析错层处加强措施的效果，采用两种结构布置，第一种为按常规抗震概念进行布置的结构模型，其中错层处B轴交1轴、2轴、4~8轴框架柱尺寸为500x500mm；第二种为考虑错层处加强

措施布置的结构模型，其中错层处B轴交1轴、2轴、4~8轴框架柱尺寸增大为600x600mm。通过软件计算结果，整理出结构模型整体抗震性能计算参数和错层处结构构件受力分析。

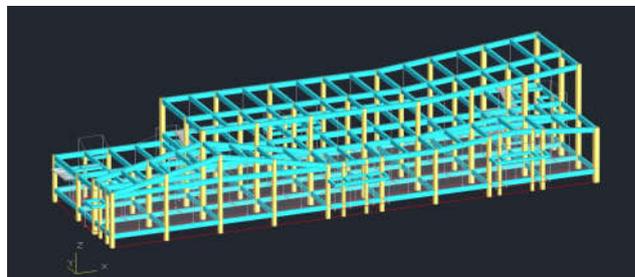


图1 某服务区综合楼结构模型

#### 3.2 整体计算参数对比分析

在进行计算时，为了验证错层处框架柱增加截面的加强效果，除了两种模型在B轴部分框架柱尺寸不同外，其他所有结构构件的尺寸均一致，结构设计总体参数信息均相同，通过YJK进行结构分析计算，对主要控制指标进行对比，具体数据详见表1。

表1 整体计算参数对比

	基本模型（B轴局部框架柱尺寸500×500mm）	采用加强措施模型（B轴局部框架柱尺寸600×600mm）	采用加强措施模型与基本模型的数据对比
恒载总质量（t）	4803.9	4819.5	+3.2%
第1扭转周期/第1平动周期	0.5267/0.7697 = 0.68	0.5113/0.7566 = 0.68	+0%
X向最大层间位移角	1/795	1/844	-5.8%
Y向最大层间位移角	1/637	1/658	-3.2%
X方向最大位移与层平均位移的比值	1.09	1.09	+0%
Y方向最大位移与层平均位移的比值	1.35	1.37	+1.5%

通过上述计算对比，可以发现，采用扩大柱截面加强措施的模型总质量比起基本模型增加了3.2%，其总刚度和地震剪力也随之增加。在控制指标项中，结构扭转为主的第一自振周期 $T_t$ 与平动为主的第一自振周期 $T_1$ 之比变化不大，两方向最大层间位移角均有不同程度减小，表明加强措施对结构整体抗震性能有利；对于最大位移与层平均位移的比值，采用加强措施的模型在Y方向为1.37，较之基本模型增加了1.5%，但仍然满足规范中相关要求。

#### 3.3 局部构件受力分析数据对比分析

以二层错层处B轴交4轴、5轴框架柱的计算结果为例，对错层处框架柱加强措施进行数据分析，详见表2。

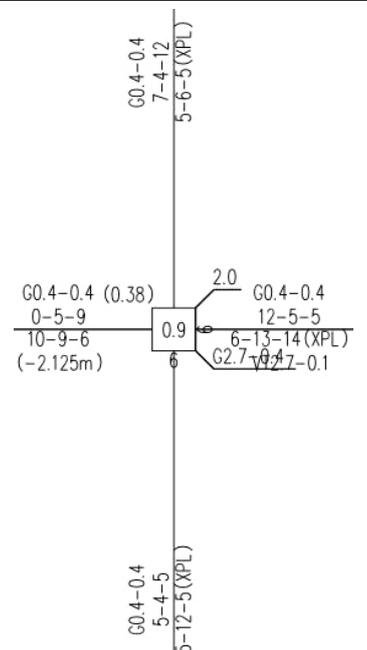
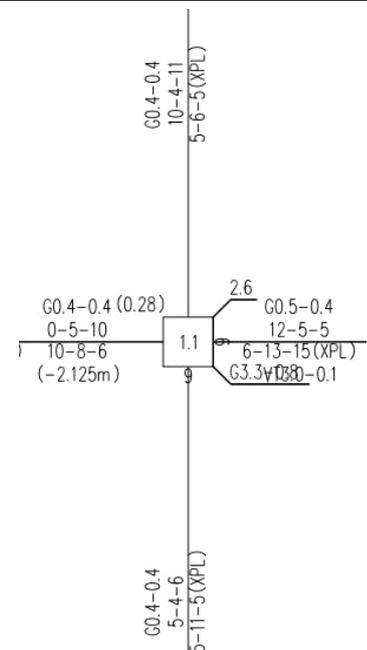
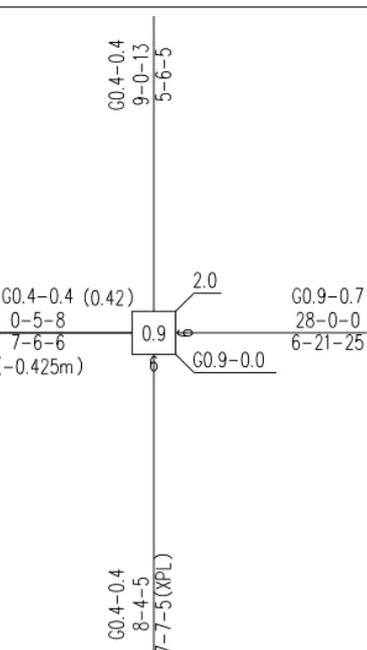
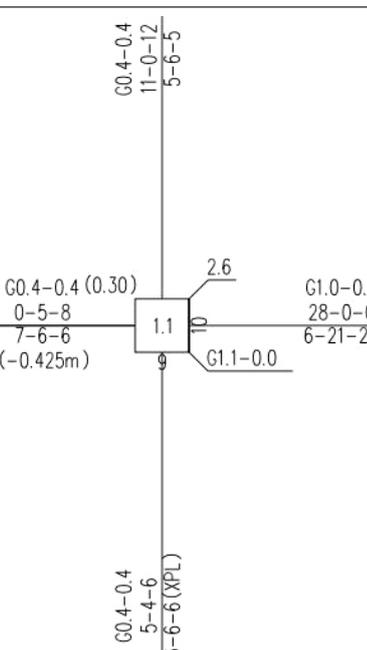
通过上述计算对比，可以发现，采用加强措施的模型错层处框架柱因尺寸增加，刚度增大，导致承受剪力变大，相邻框架梁支座处受此影响，配筋变大，A-B轴框

架梁跨中配筋变小，B-C轴框架梁支座处配筋变小，幅度在5%~15%左右。各构件的计算结果均满足规范相关要求。通过对二层其他框架柱和框架梁的计算结果进行分析，上述结论仍然成立，这表明扩大柱截面的加强措施会增加错层处局部刚度，增加错层处框架柱配筋，但有利于减小周围结构构件受力，降低相邻跨结构构件配筋。

### 4 总结和建议

错层结构属于不规则结构，需要在设计阶段采用适宜的设计方案和加强措施保障结构安全。错层处框架柱增加截面属于一种典型的加强措施，选用合理的框架柱尺寸能优化结构模型整体参数，有效保证错层处框架柱刚度，避免产生薄弱区域，同时还有利于相邻结构构件受力及配筋，使得整体结构布置更加经济合理。

表2 二层B轴交4轴、5轴框架柱周围结构构件计算结果

	基本模型 (B轴局部框架柱尺寸 500×500mm)	采用加强措施模型 (B轴局部框架柱尺寸 600×600mm)	采用加强措施模型与基本模型的数据对比
B轴-4轴框架柱和周围结构构件计算结果			该框架柱随刚度增大而承受剪力变大, 相邻框架梁支座处配筋变大, A-B轴框架梁跨中配筋变小, B-C轴框架梁支座处配筋变小。
B轴-5轴框架柱和周围结构构件计算结果			该框架柱随刚度增大而承受剪力变大, 相邻框架梁支座处配筋变大, A-B轴框架梁跨中配筋变小, B-C轴框架梁支座处配筋变小。

## 参考文献

[1]中华人民共和国住房和城乡建设部.全国民用建筑工程设计技术措施-结构(混凝土结构):2009JSCS-2-3[S]. 2009.

[2]中华人民共和国住房和城乡建设部.高层建筑混凝土结构技术规程:JGJ 3-2010[S]. 2010.

[3]中华人民共和国住房和城乡建设部.工程结构通用规范:GB 55001-2021[S]. 2021.