

某少墙框架结构的方案比较

一、工程概况

本工程为某五星级酒店的餐饮楼。建筑面积：20290 平方米，建筑层数：地下一层，地上二层，建筑高度：13.500 米。建筑剖面如图 1 所示。建筑结构安全等级为二级，设计使用年限为 50 年。抗震设防类别为丙类。拟建场地所处地区的抗震设防烈度为 7 度，设计基本加速度为 0.1g，设计地震分组为第三组，场地类别为 II 类。

本工程采用 PKPM(2010 版)—PMCAD 进行建模，并采用 SATWE 进行结构计算分析。

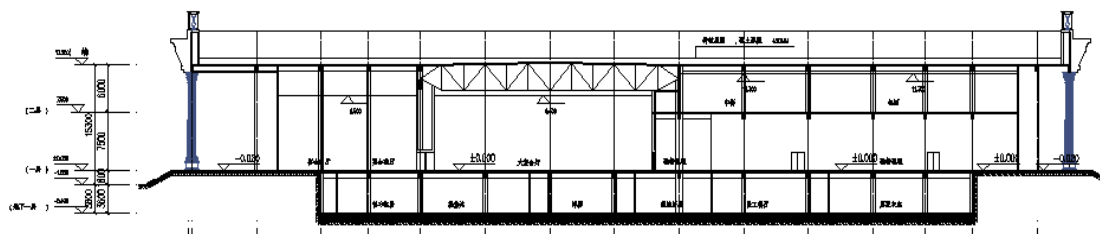


图 1 建筑剖面图

二、结构方案比选

由建筑剖面图可以看出，本工程层高较高，地上一层、二层的层高分别为 7.5 米和 6.0 米，且宴会厅及前厅均为二层通高的大空间，同时又是大跨度结构，屋盖最大跨度达到 36 米。鉴于以上这些特点，在设计的过程中，设计人要重点关注结构的层间位移角和抗侧刚度。所以初步选择框架结构与少墙框架结构两种方案，根据计算结果进行方案比较，选择合适的结构方案。

1、框架结构方案分析

主要柱截面为 600x600mm，大空间大跨度部位的柱截面为 700x900mm。主要柱网为 8.1x9.0 米。柱混凝土强度等级为 C40~C30，梁板混凝土强度等级为 C30。主要结果如下：

框架结构	周期	位移		总质量
第 1 平动周期	1.2476	X 向地震	1/657	45274.578 吨
第 2 平动周期	1.2221	Y 向地震	1/667	
第 1 扭转周期	1.1530			
周期比	1.153/1.2476=0.92			

周期比大于 0.9，层间位移角满足规范要求，周期较长。表明结构整体抗扭刚度及抗侧刚度较弱。

2、少墙框架结构方案分析

本工程的功能为餐饮楼，在首层设置能容纳 960 人的大宴会厅，人流较为集中。过去的震害调查表明，较空旷的建筑物如果布置一定数量的剪力墙，就可大大提高其抗震能力。所以应设法加强其抗侧刚度，在适当部位，布置抗震墙。

本工程在框架结构方案的基础上，结合建筑布局，在建筑的四个角部，增加了少量剪力墙。框架梁、柱截面以及混凝土强度等级均同前方案。

计算主要结果如下：

少墙框架结构	周期	位移		总质量
第 1 平动周期	1.0627	X 向地震	1/849	45486.570 吨
第 2 平动周期	0.9330	Y 向地震	1/874	
第 1 扭转周期	0.8518			
周期比	0.8015			

周期比、层间位移角均满足规范要求，周期变短。结构的整体抗扭刚度及抗侧刚度较框架结构明显提高。

3、方案确定

由计算结果可以看出，设置抗震墙以后，少墙框架结构的周期在 1.0 秒以内，层间位移角均小于 1/1000，整体抗侧刚度更好。墙体起到了增加抗侧刚度的作用，也提高了抗震能力。

所以，最终采用少墙框架结构方案。墙体位置见“图 2 少墙框架墙体布置”。

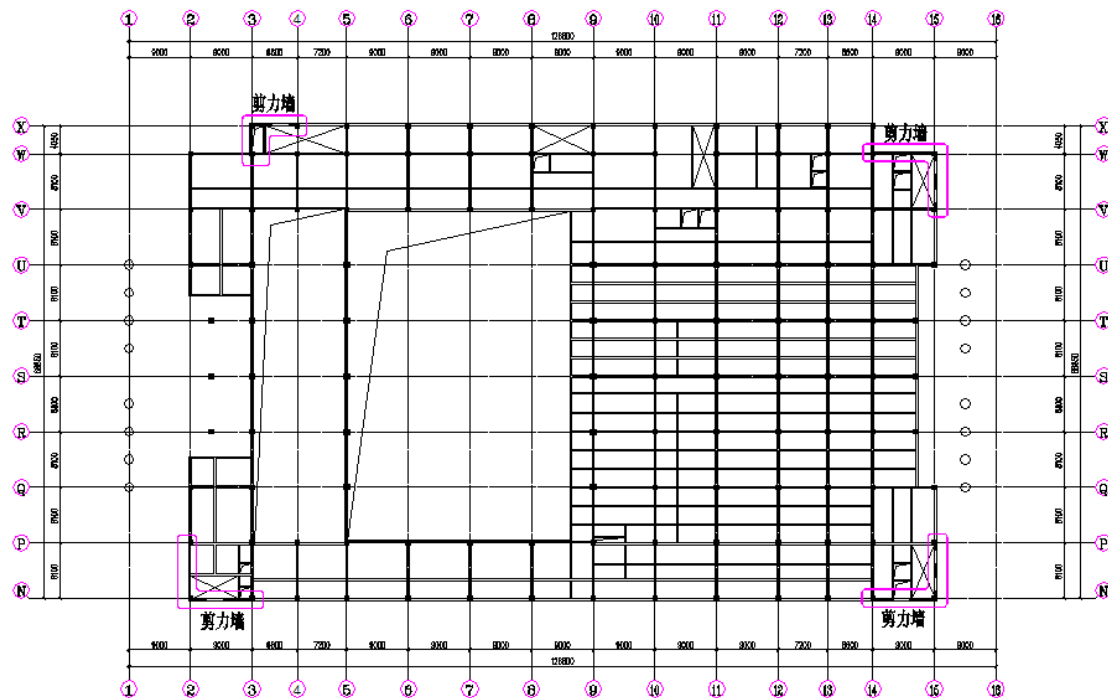


图 2 少墙框架墙体布置

三、少墙框架结构优化

1、在方案讨论会上，笔者认为：如果采用少墙框架，由图 2 可知，在 X 向地震作用下，剪力墙首先承担地震剪力，成为第一道防线，地震剪力的传递没有问题。在 Y 向地震作用下，楼层质量及荷载集中在右部，布置在结构右侧的抗震墙可以抵抗地震力，首当其冲；而布置在结构左侧的抗震墙则不然，墙体离质量中心较远，且在二层位置仅通过两条宽度分别为 12.1 米和 8.1 米的板带连接。地震力的传递路径较远，且板带为薄弱部位，不能有效传递地震力到左侧的抗震墙，该墙体也就不能充分发挥抗震的作用。所以，当前方案的剪力墙布置不是很合理。

结构总工建议在建筑的中部，即大空间的边缘位置设置剪力墙，这样可以缩短 Y 向地震力的传递路径，使剪力墙能更有效地发挥抗震作用。

结合建筑功能布局，在 8~10 轴的适当位置，设置了 5 道剪力墙。

最终的墙体布置方案见“图 3 少墙框架墙体布置优化”。

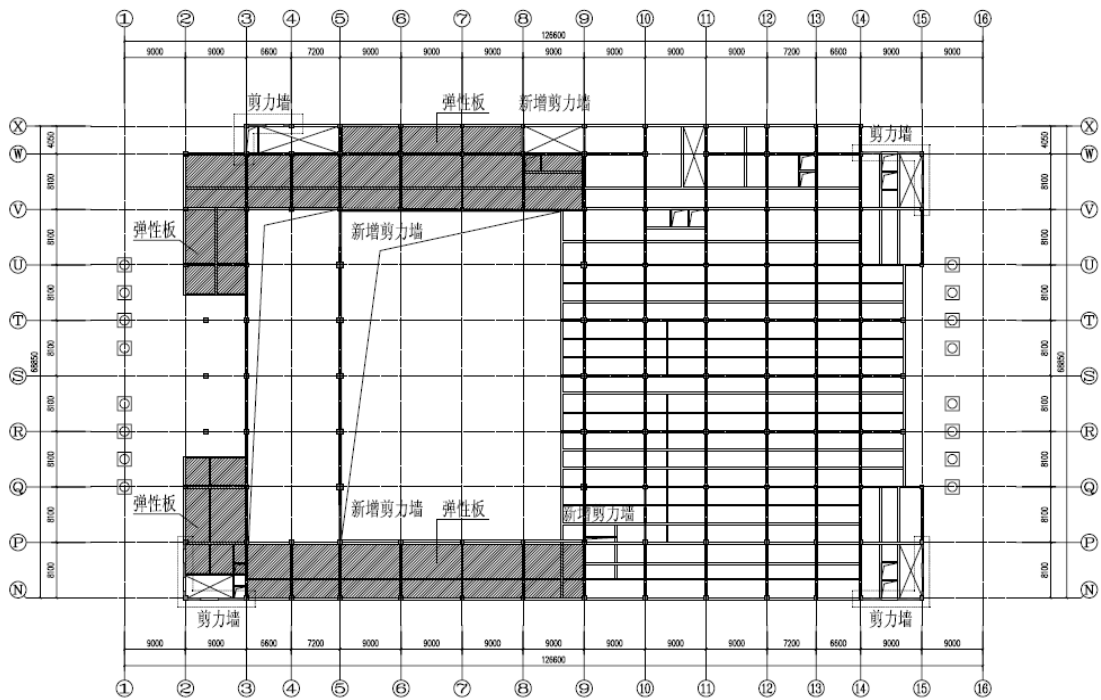


图 3 少墙框架墙体布置优化

2、在规定水平力下，框架地震倾覆力矩及百分比：

根据《抗震规范》6.1.3 条第 1 款规定，设置少量抗震墙的框架结构，在规定的水平力作用下，底层框架部分所承担的地震倾覆力矩大于结构总地震倾覆力矩的 50% 时，方可成为少墙-框架结构体系。查看计算结果，本工程的抗震墙数量符合此条款规定。

3、弹性楼板的设计：

本工程在 7.400 标高的楼板，因为宴会厅与宴会前厅形成两个空旷的大空间，并导致大空间的上、下及左侧形成狭长板带，板带刚度较弱，在设计时采取加强措施：板厚 120mm，按 0.25% 配筋率双层双向配筋；同时，定义为弹性楼板进行计算，以求得到一个较精确的、符合工程实际的计算结果。因为弹性膜单元假定楼板平面外刚度为零，既可以真实地反应楼板的的面内刚度，又可避免采用弹性板 6 而造成梁的安全度降低，所以，本弹性板按弹性膜定义计算。计算结果对比如下：

3.1、主要计算指标：

对比内容	弹性膜	强制刚性板	不勾选强制刚性
第 1 平动周期	1.0702	1.0411	1.0627
第 2 平动周期	0.9362	0.9090	0.9330
第 1 扭转周期	0.8598	0.8228	0.8518
周期比	0.8034	0.7903	0.8015
X 向地震力位移角	1/791	1/887	1/849
Y 向地震力位移角	1/895	1/1013	1/874

可以看出，按弹性膜楼板计算时，结构的位移稍大，周期稍长，即：结构刚度稍弱。

3.2、配筋对比

三种计算模式下的柱配筋基本无差异；弹性膜区域的框架梁配筋有所增大，具体表现为：框架梁的跨中正筋稍有增加但差异很小，负筋增加较明显。应该是由弹性膜假定忽略了楼板的面外刚度，原来由楼板分担的部分弯矩均由框架梁来承担。而且，采用弹性膜计算时，框架梁会产生轴力；采用刚性板假定时，框架梁的轴力为零。

四、计算结果对比

1、主要计算指标：

对比内容	框架结构	少墙-框架结构	备注
第 1 平动周期	1.2476	1.0702	
第 2 平动周期	1.2221	0.9362	
第 1 扭转周期	1.1530	0.8598	
周期比	$1.153/1.2476=0.92$	$0.8598/1.0702=0.80$	
X 向地震力位移角	1/657	1/791	
Y 向地震力位移角	1/667	1/895	
总质量	45274.578 吨	45486.570 吨	
X 向基底剪力	9421.08kN	11525.59 kN	
Y 向基底剪力	9863.71kN	12742.68 kN	

2、配筋对比：

经比较，对于中柱，二者的配筋基本相同；对于边柱及角柱，配筋稍有差异，但是也没

有明显的趋势表明哪种体系的配筋更大。

少墙框架的基底剪力较大，但是框架柱的配筋没有明显变化，应该是抗震墙承担了大部分地震力。总之，梁柱的配筋差异很小。

根据《抗震规范》6.2.13 条第 4 款规定，设置少量抗震墙的框架结构，其框架部分的地震剪力值，宜采用框架结构模型和框架-抗震墙结构模型二者计算结果的较大值。即：框架部分采用包络设计，墙体部分按实际计算结果配筋。

五、结语

结构工程师不等于“规范+软件电算”，每个项目都有其各自的特点，都需要结构工程师根据掌握的基础知识和结构概念去判断、去选择。就以本工程为例，需要进行判断和选择的还有：楼盖体系的结构方案、屋顶大跨空间的结构方案等，因篇幅所限，在此不再叙述。

少墙框架结构可以增大结构的抗侧刚度，提高抗震能力。本文仅就少墙框架结构的优点和适用范围进行了初步探讨。随着建筑物抗震需求的提高，少墙框架的应用有望越来越普遍。