

# 土木工程专业毕业设计中结构问题探讨

罗臻,葛新广

(广西工学院 土木建筑工程系,广西 柳州 545006)

**摘要:**文章通过土木工程专业毕业设计的教学实践,从结构布置、楼板计算、楼梯计算等3个方面,分析了多层钢筋混凝土框架结构类毕业设计计算过程中存在的结构问题,并指出了正确的做法及其理论依据,旨在增强学生结构知识。

**关键词:**土木工程;毕业设计;框架结构;结构知识

**中图分类号:**TU4;G642.477 **文献标志码:**A **文章编号:**1005-2909(2013)01-0122-04

土木工程专业毕业设计是实现培养目标的重要教学环节,是教育与生产劳动和社会实践相结合的重要体现。广西工学院土木工程专业建筑工程方向采用较多的毕业设计题目类型有:5周建筑设计与7周结构设计搭配,9周结构与3周施工图设计搭配,7周结构与5周标书设计搭配。这3种题目类型中均包含有7周或7周以上的结构设计,结构设计部分通常为多层框架结构设计。结构设计的内容主要有结构布置、楼板设计、楼梯设计、一榀框架设计、基础设计及施工图绘制。结构设计的内容较多,存在的问题也较多,笔者在文章中将结合自己多年指导毕业设计的经验,探讨了结构布置、楼板设计、楼梯设计中存在的主要问题。

## 一、结构布置问题

框架结构是由梁、柱及节点构成,对其进行结构布置需考虑平面布置及竖向布置。学生毕业设计时通常采用不太复杂的建筑剖面,可只考虑结构平面布置,即在已确定的建筑平、立、剖面图和结构型式的基础上确定柱网尺寸和承重框架、初估构件截面尺寸及设置变形缝。在毕业设计初期,由于学生无设计经验,结构整体力学性能概念不甚清晰,较难做出合理的结构布置。其突出问题主要表现在如下几个方面。

### (一)柱网尺寸问题

柱网尺寸盲目与建筑一致,未能考虑施工方便及受力合理的要求。柱的位置通常在建筑设计时已由建筑师初步确定,但在进行结构布置时应认真考虑其合理性。

收稿日期:2012-09-15

基金项目:第三批高等学校特色专业建设点立项项目(TS11073);新世纪广西高等教育教学改革工程“十一五”第五批立项项目(2009C063)

作者简介:罗臻(1979-),男,广西工学院土木建筑工程系讲师,主要从事土木工程研究,(E-mail) Luozenjin123@163.com。

柱网尺寸确定时,未能考虑受力合理的要求。多层框架主要承受竖向荷载,因此布置柱网时,应考虑结构在竖向荷载作用下内力分布是否均匀合理,各材料强度均能否充分利用<sup>[1]</sup>。如图1的框架A及框架B,均为三跨,但图1(a)框架A的框架梁跨中弯矩、支座最大负弯矩及柱端弯矩均明显比图1(b)的框架B大。后者受力较为均匀,各构件材料强度

更能得到充分利用,材料用量也较少,其结构技术经济指标要好。

纵向柱距不能盲目与建筑一致。通常,框架纵向柱距一般取建筑开间,但当开间较小、层数较少时,柱截面设计时常按构造配筋,材料强度不能充分利用;另外,过小的柱距也使建筑平面难以灵活布置,为此可考虑柱距为两个开间,柱距为6~9m为宜。

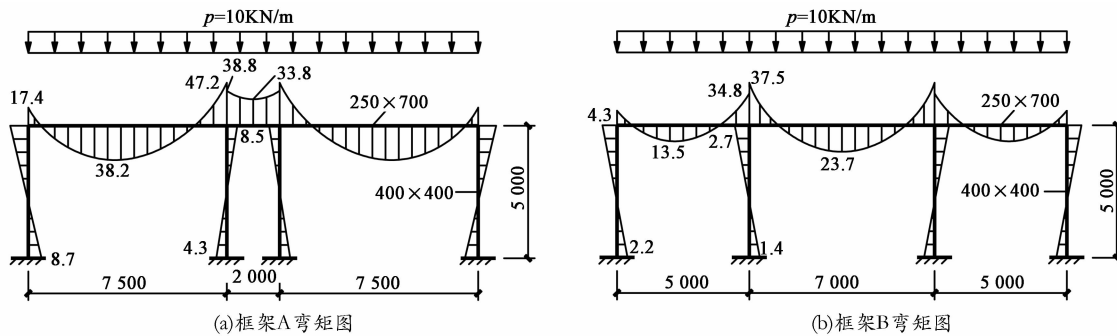


图1 不同柱网框架弯矩图(单位:KN/m)

(二) 承重框架选择问题

学生在结构布置时,基本上千篇一律采用横向承重框架。通常房屋横向刚度比纵向刚度弱,采用横向承重框架可以改善横向与纵向刚度相差较大的缺点,纵向联系梁高度较小,因而可将窗户尺寸设计得大些,室内采光通风较好,多层框架结构常采用这种承重方案。但对地质条件不好,结构整体性要求较高、或承受的水平荷载较大、或楼面开有较大开口、或当柱网布置为正方形或接近正方形时,应设计成双向承重框架<sup>[2]</sup>。中国《建筑抗震设计规范》5.1.1条规定:一般情况下,应至少在建筑结构的两个主轴方向分别计算水平地震作用,各方向的水平地震作用应由该方向抗侧力构件承担<sup>[3]</sup>。因此,要求计算抗震的结构也宜设计成双向承重框架。

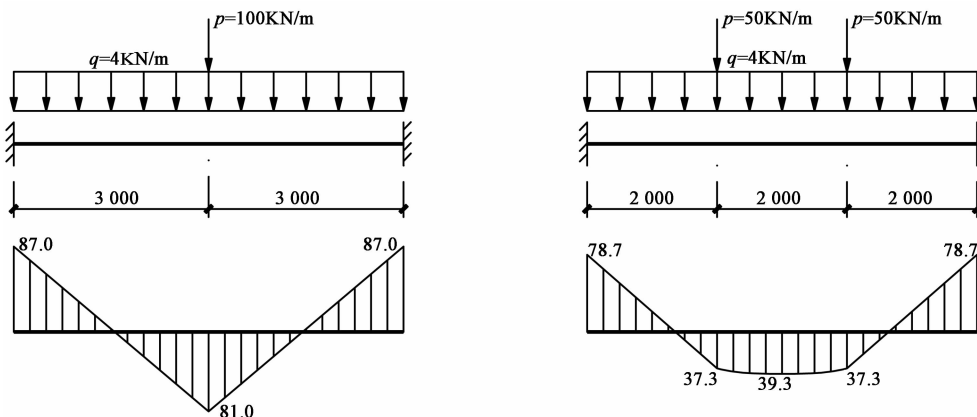
使主要竖向荷载通过横向框架梁传递给柱,这时一级次梁的布置方向应沿纵向。

其二,为节省材料用量,尽量不布置次梁。布置次梁时,梁的混凝土及钢筋用量将增加,但由此减小了楼板的计算跨度,楼板的混凝土及钢筋用量将有效的减少。通常现浇楼板的厚度  $h = 100 \sim 120 \text{ mm}$ , 而不做刚度验算的最小板厚为  $h = (1/30 \sim 1/40) l_0$ , 因而楼板跨度常取为  $3.0 \sim 4.8 \text{ m}$ , 此时楼板配筋不会很大,也不致于由构造配筋控制。

其三,主梁一跨内次梁的根数为1根或2根没有差别。在主梁上内布置次梁,若为1根时,如图2(a)梁A所示,弯矩图为三角形,材料强度只有在跨中才能得到充分利用;而若为2根时,如图2(b)梁B所示,弯矩图近似为梯形,材料强度在两根次梁之间均能得到充分利用。且在同样荷载总量的情况下,弯矩值还能有效降低,跨中弯矩降低51.5%,支座弯矩降低9.5%,既节省材料用量,又使材料得到充分利用。

(三) 次梁布置问题

其一,采用横向承重框架,其次梁沿纵、横向布置没有差别。当采用横向承重框架,由于横向框架梁截面尺寸较大,纵向联系梁截面尺寸较小,因此应



(a) 梁A受力简图及弯矩图

(b) 梁B受力简图及弯矩图

图2 不同根数次梁受力简图及弯矩图(单位:KN/m)

#### (四) 截面尺寸初估问题

首先,采用截面较宽的框架梁,如 350 mm × 600 mm、400 mm × 700 mm 的框架梁。此时应考虑框架梁的高宽比( $h/b$ )一般为 2.0 ~ 3.5,且框架梁的受弯承载力仅与截面宽度的 1 次方成比例,但与截面有效高度的平方成比例,增大截面高度比增大截面宽度对受弯承载力的贡献要大得多。

其次,确定框架梁、柱截面尺寸时,未能考虑梁、柱线刚度比的限值。当梁、柱的线刚度比相差比较大( $i_b/i_c > 5$ )时,框架梁应按铰支于钢筋混凝土柱上的连续梁计算;当梁、柱的线刚度比相差比较小( $i_b/i_c \leq 5$ )时,框架梁与框架柱共同形成框架按框架结构计算;况且内力计算时,梁端、柱端的弯矩按线刚度分配,线刚度比值( $i_b/i_c$ )大,将导致梁端分配到的弯矩值过大,也不符合建筑抗震设计原则之“强柱弱梁”的要求。

再次,确定门窗上梁的截面高度时,盲目按跨高比估算,未能考虑与建筑图的协调。估算梁的截面高度时通常区别主、次梁分别按其跨高比进行估算。但在估算门窗上梁的截面高度时,应注意梁底标高不应低于窗顶标高。当梁下墙的高度小于 300 mm 时,可直接把梁的高度加大,以避免另做门窗过梁。

然后,梁的截面宽度盲目按高宽比估算,造成施工不便。梁的截面宽度应按高宽比( $h/b$ )进行估算,但同一条轴线上的梁截面宽度不宜变化,以免施工时支模不方便。

最后,确定主、次梁截面高度时,未能认真考虑支承的问题。在考虑主、次梁及一、二级次梁截面高度时,应认真考虑其支承的问题。次梁(或二级次梁)支承于主梁(或一级次梁)上,截面高度不应高于后者,以免被支承梁的梁底标高低于支承梁的梁底标高。由于毕业设计多要求人工导荷,当房间内设有十字形交叉梁时,为荷载传递路线清晰,支承梁的截面高度应至少高于被支承梁的截面高度 50 mm。

#### (五) 结构平面布置图表达问题

结构平面布置图的图名错误。学生上交的结构布置图的图名往往是从一层开始,即“一层结构平面布置图”“二层结构平面布置图”等。对于没有地下室的建筑,第一层的结构布置主要依据建筑图的第二层进行,因此图名应改为“二层结构平面布置图”“三层结构平面布置图”等。但最上一层结构布置的图名,宜采用“顶层结构平面布置图”或“屋面结构平面布置图”,以免给人一种 N 层楼的建筑物其结构图却有 N + 1 层的错觉。当然,图名也可采用标高的形式,如底层层高为 4.2 m 的建筑,考虑建筑装修层的厚度为 30 mm,第二层的结构布置图可用“4.170 m 结构平面布置图”表示,以此类推。

未能区分建筑标高及结构标高。大多数学生没

有建筑标高与结构标高的概念,上交的结构平面布置图也基本上采用建筑图上的标高。建筑标高是指建筑物装饰装修层完成后的标高;结构标高是指装饰装修层完成前的标高。中国《建筑结构制图标准》2.0.10 条规定:在结构平面图中,构件应采用轮廓线表示,定位轴线应与建筑平面图或总平面图一致,并标注结构标高<sup>[4]</sup>。因此结构平面布置图上应采用结构标高而非建筑标高。

未能区分与建筑平面图尺寸标注的差异。建筑平面上的尺寸有外部和内部尺寸之分:外部尺寸通常有外轮廓的总尺寸、轴线间的距离、各细部的位置及大小等三道尺寸;内部尺寸表示房间净空大小和室内的门窗洞、孔洞、墙厚和固定设施的大小与位置。结构平面布置图上的尺寸主要有:与建筑图一致的轴线尺寸,墙、梁、柱等构件的定位尺寸,次梁的定位尺寸,墙、梁、柱等构件的定形尺寸可采用平面整体表示法表示。

### 二、楼板设计问题

楼板计算问题虽然在相关课程设计中已接触过,但是学生仍然存在对部分细节考虑不周及概念不清的问题。

#### (一) 对活荷载折算目的理解不透

楼板计算时对活荷载进行折算的主要目的是减小所取计算简图与实际结构的差异。支承于梁上的多跨连续板选取计算简图时,通常把中间支座视为铰支座,即梁对板的转动无约束作用。而整体式梁板结构中,板、梁是整体浇筑在一起的,梁对板有一定的约束作用。采用计算简图时,在满布的恒荷载作用下,中间支座转动很小,与实际结构基本相符;但在隔跨布置的活荷载作用下,实际结构由于梁的抗扭刚度约束了板在支座处的转动,使实际结构的转角小于计算简图中的转角。计算时通常采用增大恒荷载值,减小活荷载值的方法来解决上述约束作用引起的误差。

#### (二) 对弹、塑性计算理论概念不明确

不论是单向板还是双向板,其内力计算的理论均有弹性理论和塑性理论。按弹性理论计算,结构的某一个截面达到承载能力极限状态,即认为整个结构达到承载能力极限状态;而按塑性理论计算,结构的某一个截面达到承载能力极限状态,将出现一个塑性铰,超静定结构将减少一次超静定,结构还能继续承受荷载,只有当结构出现若干个塑性铰,使结构局部或整体成为几何可变体系时,才认为结构达到承载能力极限状态。按弹、塑性理论计算时,还应区分其计算跨度。

#### (三) 对荷载组合考虑不周全

楼板上的荷载有恒荷载及活荷载,学生做设计时通常仅考虑将恒荷载标准值和活荷载标准值作为

楼板荷载组合设计值。但根据《建筑结构荷载规范》3.2.3条:基本组合设计值应考虑由可变荷载效应控制的组合及由永久荷载效应控制的组合<sup>[5]</sup>。当活荷载标准值不大于 $4\text{ kN/m}^2$ 时,永久荷载分项系数分别取1.2、1.35,活荷载分项系数取1.4,组合系数除书库、档案库、储藏室、密集柜书库、通风机房及电梯机房外取0.7。当恒荷载标准值与活荷载标准值大于或等于2.8(即 $g_k/q_k \geq 2.8$ )时,由永久荷载效应控制的组合值要大于或等于由可变荷载效应控制的组合,此时应考虑恒载起控制作用的荷载组合情况。

### 三、楼梯设计问题

常用楼梯的结构型式是现浇板式楼梯和现浇梁式楼梯。楼梯虽然与日常生活息息相关,但在计算时仍要注意几个问题。

#### (一)结构选型时要考虑经济性

由于板式楼梯下表面平整,施工支模较方便,外观较轻巧,因而受到广泛使用,但楼梯结构选型时应考虑经济性能。板式楼梯斜板厚度常为 $h = 100 \sim 120\text{ mm}$ ,而厚度估算公式为 $h = (1/30 \sim 1/25) l_n$ ( $l_n$ 为梯段板水平投影长度),因而当 $l_n > 3.0 \sim 3.6\text{ m}$ 时不宜再使用板式楼梯,此时混凝土及钢筋用量较多。

#### (二)半层高平台梁的支承要考虑周全

学生在做毕业设计时,常使用楼梯间两侧的墙体来支承半层高的平台梁。但框架结构与砌体结构是两种截然不同的结构体系,其抗侧刚度、变形能力等相差很大,将这两种结构在同一建筑物中混合使用,对建筑物的抗震能力产生不利的影 响。中国《高层建筑混凝土结构技术规程》6.1.6条(强条):框架结构按抗震设计时,不应采用部分由砌体墙承重之混合形式;框架结构中的楼、电梯间及局部出屋顶的电梯机房、楼梯间、水箱间等,应采用框架承重,不应采用砌体墙承重<sup>[6]</sup>。为此,对需考虑抗震的结构,其

楼梯间半层高平台梁的支承不应采用两侧砌体墙来支承,而应考虑以梁上柱来支承。

#### (三)梯段斜板支座负筋的选配

通常为简化计算均将梯段斜板和平台板分开计算,但实际上梯段斜板和平台梁、板为一个整体结构,梯段斜板、平台板是一个多跨连续板,因此在构造上需考虑它们之间的整体作用,以降低简化计算所带来的误差。因此在斜板两端 $l_n/4$ 范围内应按构造设置承受负弯矩作用的钢筋,其数量可取跨中截面配筋的50%,在平台梁处板钢筋的锚固长度不应小于 $30d$ 。

### 四、结语

结构问题是土木工程专业学生在毕业设计中经常碰到的问题,主要是学生结构概念设计知识贫乏。在指导毕业设计时一定要自始至终将结构概念设计思想灌输至学生的设计过程中,以便学生在走向工作岗位之前充分利用毕业设计进行理论应用于实践的最后一次预演,达到学会分析结构问题,尽快熟悉规范,培养良好的工程习惯。

#### 参考文献:

- [1]程文瀾,颜德姪,王铁成. 混凝土结构(中册)混凝土结构与砌体结构设计[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2008:175-176.
- [2]沈蒲生,梁兴文. 混凝土结构设计[M]. 北京:高等教育出版社,2007:183-184.
- [3]中国建筑科学研究院. GB 50011-2010 建筑抗震设计规范[S]. 北京:中国建筑工业出版社,2010.
- [4]中国建筑标准设计研究所. GB/T 50105-2010 建筑结构制图标准[S]. 北京:中国建筑工业出版社,2010.
- [5]中国建筑科学研究院. GB 50009-2001 建筑结构荷载规范[S]. 北京:中国建筑工业出版社,2006.
- [6]中国建筑科学研究院. JGJ 3-2010 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.

## Structural issues in civil engineering graduation design

LUO Zhen, GE Xin-guang

(Department of Civil Engineering & Architecture, Guangxi University of Technology, Liuzhou 545006, P. R. China)

**Abstract:** Based on our teaching practice in graduation design of civil engineering, we analyzed frequent issues of structural calculation in reinforced concrete frame structure of graduation design from three aspects including the structure arrangement, floor design and stair design, and pointed out correct practice methods and theoretical basis to enhance students' structure knowledge.

**Keywords:** civil engineering; graduation design; frame structure; structure knowledge