

土木工程专业毕业设计常见结构计算问题分析

彭亚萍, 王 兵

(济南大学 土木建筑学院, 山东 济南 250022)

摘要:从荷载及荷载效应的计算和构件截面设计两个方面,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常见问题,并指出了正确的做法及其理论依据。

关键词:土木工程; 毕业设计; 混凝土框架; 结构计算

中图分类号: TU375-4

文献标志码: A

文章编号: 1005-2909(2007)02-0117-03

土木工程专业结构类毕业设计的传统题目就是钢筋混凝土多层框架结构设计,其中绝大多数要求考虑抗震。完整的设计内容主要包括3方面:一是根据建筑物的用途进行建筑方案设计和建筑施工图的绘制;二是进行结构布置和结构计算(先手算后电算);三是绘制结构施工图。其中结构计算的内容较多,存在的问题也较多,本文就这些问题进行简单分析。

一、荷载及其效应计算中的常见问题分析

(一)活荷载的折算与折减

设计中许多学生对于单向板肋梁楼盖中的连续梁板,往往忽略了次梁对板、主梁对次梁的约束采用铰支座确定其计算简图,当考虑楼面活荷载的最不利布置时,支座实际的转动将减小连续梁板的内力使得计算误差较大。此时应考虑活荷载的折算,也即在保持总荷载不变的前提下,将部分活载折算为恒载进行内力计算,减小计算简图带来的误差。这在考虑活荷载最不利布置进行楼板及次梁内力计算时一定要考虑,若按照活载满布方式求内力则不需考虑活载折算,只需将跨中弯矩扩大1.1~1.2倍进行调整。

在计算楼面梁和柱、基础时,考虑到楼面活荷载不可能以荷载规范给出的标准值同时满布在所有楼屋面上,需考虑活荷载的折减。对于住宅、宿舍、旅馆、办公楼、医院病房、托儿所、幼儿园等建筑,楼面梁的从属面积超过 25m^2 时,楼面梁的活荷载折减系数为0.9;设计柱及基础时依据《建筑结构荷载规范》^[1]中的表4.1.2进行折减。

对于教室、实验室、阅览室、会议室、医院门诊室等建筑,其楼面梁、柱和基础各自的从属面积超过 50m^2 时,折减系数均为0.9,需要注意的是对于柱和基础,其从属面积指的是计算截面以上的楼屋面从属面积之和。

对于楼面梁的活荷折减可以在荷载统计时计入,但对柱和基础的活荷折减可以在活载内力求完后进行统一调整。

收稿日期:2007-04-17

作者简介:彭亚萍(1970-),女,甘肃正宁人,济南大学土木建筑学院副教授,博士,主要从事混凝土结构研究。

(二) 地震作用计算时结构自振周期的计算

毕业设计中许多学生采用了经验公式计算基本周期,用来进行地震作用计算,虽然算法简单但混淆了概念。

手算规则框架的地震作用时一般采用底部剪力法,底部总剪力等于结构基本自振周期对应的地震影响系数与等效重力荷载代表值的乘积。《建筑结构荷载规范》中的经验公式(E. 2. 1. 3)是针对风荷载计算给出的,而在《高层建筑混凝土结构技术规程》^[2]中关于底部剪力法的规定中明确指出基本周期应按照顶点位移法计算(B. 0. 2 条),并应考虑填充墙的影响。

按照2种不同的方法计算出的基本周期有差别,对应的地震影响系数和底部剪力也相差较大。所以应明确概念,严格按照规范的规定采用顶点位移法进行计算。

(三) 屋面活载不应计入重力荷载代表值

在进行竖向荷载统计时,考虑到屋面活荷与雪荷载标准值同时出现的概率极小,《建筑结构荷载规范》4. 3. 1 条规定:屋面均布活荷载不应与雪荷载同时组合,所以二者中只取较大值进行计算。

但在进行重力荷载代表值统计时,《建筑抗震设计规范》^[3]中5. 3. 1 条规定:屋面活荷载不计入,雪荷载以组合值计入。

统计竖向荷载及计算水平地震作用时对屋面活荷载的处理方法不同应区别对待。在进行内力组合时,非抗震组合中的活载内力应根据取屋面活载与雪荷载较大值计算出的,而抗震组合中的活载内力应是取屋面雪荷载计算出的,当屋面活载大于雪载时两种情况的活载内力应不同,虽然数值上差别不大,但概念上应分清楚。

(四) 每榀框架上的层间剪力计算

毕业设计一般要求学生只选取一榀框架进行手算,有些学生的平面布置图竟然只画出这一榀框架,更多的学生只针对一榀框架进行重力荷载代表值的统计,从而求出地震作用和层间剪力,用于内力计算。这样简化计算其实概念上非常不明确,是将结构问题简化成了力学问题。

笔者强调这里应该按照结构单元进行每层的重力荷载代表值统计,计算结构单元上作用的地震作用和层间剪力,然后根据侧移刚度的比例将层间剪力分配到所选的框架上再计算内力。这样概念明确,学生以后再遇到类似问题就会正确处理。

(五) 梁弯矩调幅中跨中弯矩的处理

在计算竖向荷载作用下的框架内力时,需要考虑梁端负弯矩调幅,但许多学生没有相应调整或验

算跨中弯矩。

由于钢筋混凝土材料的弹塑性性质,使得超静定结构的部分破坏截面能够形成“塑性铰”,使得构件发生内力重分布,从而提高结构的极限承载能力。在进行框架梁设计时,可以主动考虑塑性内力重分布,对梁端负弯矩进行适当调幅,达到调整配筋分布、节约材料、方便施工的目的。当降低梁端负弯矩后,塑性内力重分布就会提前出现,梁的最终承载能力主要取决于跨中截面的弹性承载能力,所以跨中弯矩需要按照平衡条件相应增大,才能保证框架梁的总体承载能力不变。《高层建筑混凝土结构技术规程》的5. 2. 3 条对调幅法作了具体规定,还要求“跨中截面正弯矩设计值不应小于竖向荷载作用下按简支梁计算的跨中弯矩设计值的50%”。

需要注意的一种特殊情况:对考虑活荷载最不利组合求出的活载弯矩进行调幅时,由于跨中最大正弯矩与支座最大负弯矩不一定是同一组内力产生的,所以以调幅后的支座弯矩为基础按照平衡条件求出的跨中弯矩就极有可能小于原来的跨中最大弯矩,此时就不需要再增大跨中弯矩了,但每个跨中截面均需验算是否满足上述条件,否则采用平衡计算求出的跨中弯矩。

对于受均布荷载的框架梁,调幅后的跨中弯矩应满足以下2个条件:

$$\text{一是: } M_{\text{中}} \geq q l_0^2 / 8 - (M'_{\text{左}} + M'_{\text{右}}) / 2 ;$$

$$\text{二是: } M_{\text{中}} \geq q l_0^2 / 8 / 16 .$$

(六) 内力组合中的“有利”问题

构件截面内力组合中出错最多的是某种荷载效应对组合目标内力来说是“有利”的,但仍然按照“不利”时的分项系数计算,特别是以“轴力最小”为目标进行柱截面内力组合时最容易出错。《建筑结构可靠度设计统一标准》^[4]中7. 0. 4 条规定当荷载效应对结构构件承载力“有利”时,永久荷载的分项系数取1. 0,可变荷载的分项系数取为0,也就是不考虑。

在进行内力组合时,必须进行组合目标内力与竖向荷内力之间的符号关系判别(水平荷内力左右均考虑,选取不利值即可),若二者符号一致,此竖向内力应对结构不利;若二者符号相反,则此竖向内力应对结构“有利”,再区分此竖向内力是由永久荷还是可变荷引起的,正确选取分项系数进行内力组合。

三、结构截面设计中的常见问题分析

(一) 场地类别对抗震等级的影响

抗震等级对于框架截面设计的影响很大。一般情况下根据房屋高度和设防烈度从《建筑抗震设计规范》表6. 1. 2 直接查出抗震等级就行,对于“场地

类别为 I 类时,除 6 度外可按表内降低一度所对应的抗震等级采取抗震构造措施,但相应的计算要求不应降低”。所以当采用 I 类场地时,抗震计算的抗震等级与采取抗震构造措施的抗震等级不一样,而在毕业设计中许多学生的设计任务书给出的场地类别为 I 类,但设计中忽略了场地类别对抗震等级的影响,值得注意。

(二) 抗震承载能力与非抗震时的不同

部分学生在进行梁柱截面设计时没有考虑地震作用的影响,直接取两组(抗震组合与非抗震组合)内力组合结果相同项目中绝对值最大者为最“不利”进行截面设计,甚至采用非抗震的承载力计算公式。

短暂的地震作用下结构的承载能力设计值与非抗震时荷载长期作用下的承载能力设计值的可靠度要求是不一样的,所以两者的材料强度分项系数应不同,故而抗震计算时需要对非抗震的承载力计算值除以抗震承载能力调整系数 γ_{RE} 。构件的延性越好, γ_{RE} 的取值越低,抗震承载能力提高就越多。

一般情况下需要考虑“非抗震组合”和“抗震组合”两种情况,由于抗震与非抗震承载能力的计算方法不同,所以不能简单的将两种内力组合的结果进行绝对值的比较来取舍。对于正截面设计内力,可以将抗震组合内力乘以 γ_{RE} 后与非抗震组合内力进行比较和取舍。而对于梁柱端的抗剪承载力就得两种情况分别计算取配筋较大者进行截面设计,因为此时抗震承载力计算中考虑混凝土在反复荷载作用下抗剪承载力会下降,取为 $0.6V_c$ 进行计算,并且将柱轴力对抗剪承载能力的贡献也折减 0.6 倍考虑,具体

计算公式见中《混凝土结构设计规范》^[5] 的 11.3.4 条、11.4.9 条、11.4.10 条。

(三) 框架柱的计算长度

确定框架结构计算简图时取框架柱的长度为结构的层高,许多学生就以为框架柱的计算长度就等于计算简图中的柱高度(梁柱节点简化为刚接),从而在截面设计中误取 $t_0 = H$ 进行计算。实际上梁柱纵筋相互交叉形成的节点连接是介于刚接与铰接之间的,更接近于刚接。所以《混凝土结构设计规范》7.3.11 条规定了各种柱的计算长度,对于现浇框架的底层柱取 $t_0 = 1.0H$,其余各层柱取 $t_0 = 1.25H$ 。

框架柱一般都是偏压构件,其效应会随柱长细比的增大而加剧,柱承载力降低。所以取小了柱计算长度相当于较低的考虑了柱长细比的影响,使得设计出的柱截面承载能力不足。

四、结语

毕业设计,一定要注意力学方法在结构计算中应用的近似性及结构设计规范对这种“近似”带来的误差的调整方法,学会分析结构问题,尽快的熟悉规范,培养良好的工程习惯。

参考文献:

- [1] GB50009-2001, 建筑结构荷载规范[S].
- [2] JGJ3-2002. J 186-2002, 高层建筑混凝土结构技术规程[S].
- [3] GB50011-2001, 建筑结构抗震设计规范[S].
- [4] GB50068-2001, 建筑结构可靠度设计统一标准[S].
- [5] GB50010-2002, 混凝土结构设计规范[S].

Analysis on Frequent Issues about Structural Calculation in Civil engineering Graduated Design

PENG Ya-ping, WANG Bing

(College of Civil Engineering and Architecture, Jinan University, Jinan 250022, China)

Abstract: based on structural calculation of a multilayer reinforced concrete frame structure in graduated design, combined with load and calculation of load effect, section design of member, frequent issues of structural calculation in frame structure are analysed, point out proper modus and gist of theoretics, key concept in structural calculation on frame structure graduated design are entirely summarized, which is valuable for reference and guiding.

Key words: civil engineering; graduated design; reinforced concrete frame structure; structural calculation

(编辑 周虹冰)