

文章编号: 1000-4750(2005)Sup.-0090-04

《高耸结构设计规范》修编概要及思想

*马人乐, 何敏娟

(同济大学建筑工程系, 上海 200092)

摘 要: 介绍了“高耸结构设计规范”的修编过程, 详细阐述了修编的高耸规范与它涉及的上级规范间的协调问题, 并对本规范适用范围的变化、新技术的应用、所涉及的关键技术问题、规范的可操作性问题、鼓励设计人员自主创新思想等问题都展开了较详细的探讨。

关键词: 高耸结构; 设计规范; 修编; 技术推广; 鼓励创新

中图分类号: TU972 **文献标识码:** A

ON REVISION OF THE CODE FOR DESIGN OF HIGHRISE STRUCTURES

*MA Ren-le, HE Min-juan

(Department of Building Engineering, Tongji University, Shanghai 200092, China)

Abstract: The revision of the code for design of high rise structures is introduced in this paper. The compatible problems involved between the revised code for high-rising structures and the prior codes are expounded. The variations of the applicable scope of the code, the applications of new techniques, the key technical problems, the operational problems of the code and the idea of encouraging innovation of designers etc, are also discussed in detail in this paper.

Key words: high rise structures; design code; revision; application of new technology; innovation promotion

1999 年 12 月, 建设部委托原主编单位同济大学和广电部设计院等部分原参编单位对《高耸结构设计规范》(GBJ135-90)进行了修订。此后, 规范修编组扩充了一部分长期从事高耸结构设计、研究和施工的单位, 从 2000 年 4 月起至 2004 年 6 月, 共计召开 6 次规范修编会, 改了五稿, 并较为广泛地征求了工程界的意见, 于 2004 年 12 月通过专家组对规范的审查。

这次《高耸结构设计规范》^[1]修编工作, 主要遵循的原则为: ① 与已经修编的国家规范相协调; ② 根据国民经济发展中高耸结构应用状况增设相关内容和条款; ③ 根据高耸结构领域中新技术的

发展对规范作补充和修改, 引导新技术的推广和应用; ④ 对设计中普遍存在的“关键问题”, 结合国外规范、科学研究、工程实践给予适当解决; ⑤ 对原规范中可操作性不够好的条款作有针对性的修改, 使之满足设计工作的要求; ⑥ 对于不影响高耸结构安全性的条款, 尽可能放开, 以利设计人员自主创新; ⑦ 对于高耸结构设计中的概念设计和构造设计问题给予较多的关注。

1 各规范间的协调问题

《高耸结构规范》的修编工作与先行修编的国家规范的协调几乎牵涉到全部章节。其中有形式上

作者简介: *马人乐(1951), 男, 浙江嵊州人, 教授, 从事高耸结构研究(E-mail: marenle@tongji.edu.cn);

何敏娟(1963), 女, 江苏海门人, 教授, 从事高耸结构研究。

的协调问题,比如一律加入第二章“术语和符号”;也有内容上的协调,如基本风压由三十年一遇改为五十年一遇等。

在协调过程中,尽可能与这些上一级规范一致,但也不是绝对照搬照抄,这是积极意义上的协调。如在风荷载体型系数计算中,《建筑结构荷载规范》(GB50009-2001)^[2]在钢管体型系数公式中关于风的标准值和设计值混淆了,而高耸结构设计中经常要用到这一数据,故编委会与《建筑结构荷载规范》编委会作了协调。

又如《钢结构设计规范》(GB50017-2003)^[3]中对各种结构用钢材作了规定,在高耸结构设计中也经常用到,故高耸结构规范中也加以纳入。但高耸结构设计中经常遇到一些钢材是《钢结构设计规范》中没有的,根据实际设计工作的需要,也加以列出,如20#无缝钢管、35#钢锚栓、45#钢锚栓、钢绞线、钢丝绳等。对这些材料的性能和施工中注意事项,规范都给予了恰当的表述,这些材料的应用都以大量的工程实践为背景。

2 规范适用范围的改变

原规范编制十余年来,我国的经济建设发生了很大的变化。反映在高耸结构方面,主要有两个方面:一是建造了大量的通讯塔,这种塔数量多,对变形要求较以往的微波塔低,而占地面积很受局限,这就要求在塔形、材料的充分利用等方面作相关规定;二是建造了较多跨长江、黄河、珠江的大跨越输电塔,这些塔高度高、荷载大、结构重要性高,与一般输电塔的设计方法、计算参数等均有区别。所以规范编制组吸收了通信系统设计院代表和电力系统设计院的代表参加规范编制。特别是电力系统的代表,在高耸钢结构设计和施工方面有更多的经验,并对许多工程问题进行过大量的试验和研究,对规范的修编工作起到了很好的推动作用。经过规范修编组的共同努力,终于将通信塔和“输电高塔”纳入高耸结构设计规范的适用范畴中。

3 引导新技术的推广和使用

原规范编制十年来,高耸结构设计技术发生了很多变化,表现在如下4个方面。

3.1 计算模型的变化

原规范提供的关于塔和桅的简化计算方法目前基本上已被杆、索单元的空间桁架法所取代,动

力分析也不具有难度。故新规范在计算方法的选用方面更偏向于用精确计算方法,并对一些高塔要求用非线性计算方法。

3.2 振动控制技术的应用

鉴于振动控制技术^[4]在高耸领域的理论研究和实施^[5]已取得一定成果,规范指出对于高塔在适当的条件下应该选用振动控制技术减小塔的振动,从而避免大量增加结构用钢量。

3.3 预应力技术的应用

由于预应力技术^[6]在高耸钢筋混凝土塔中已有实际应用,并总结了一些经验,故在规范中增加了预应力技术的相应规定。这对大量因抗裂控制的高耸混凝土结构的设计具有重要的经济意义。

3.4 基础设计方法

以往高耸结构基础^[7]抗拔多靠刚性基础自重抗拔,而原规范对此未作规定。现在许多高耸结构采用柔性基础加覆土重抗拔,大大减小了工程造价。本次规范修编中根据高耸结构的柔性扩展基础设计的特点对其计算、构造等作出了具体的规定,引导设计者使用这种经济性好的基础,而对于以前常用而经济性较差的刚性基础,则不予推荐。

4 高耸结构设计领域内若干关键问题的解决方法的进步

规范修编组对高耸结构设计领域中存在的一些关键技术问题作了大量调查研究工作,在理论研究、与国外规范相应条款对比、国内工程实例应用验证的基础上,将这些条款引入到新规范的条文中。

4.1 变形控制

关于高耸结构的广义变形控制问题,新规范根据高耸结构的发展和特点将高耸结构正常使用状态的变形控制归纳为6个方面^[8]:

(1) 整体变形

限制结构非线性效应,若结构设计对非线性效应作验算,则可适当放宽此限制;

(2) 局部变形

限制塔楼处维护材料的变形和破坏;

(3) 角位移

限制微波平台的偏转角,保证微波接收的稳定性;

(4) 加速度

限制塔楼加速度,保证塔上工作人员或游客的

舒适性;

(5) 相对沉降变形

限制井道和塔体的相对沉降,以保证水、电、工艺管线系统的正常;

(6) 井道弯曲变形

限制井道弯曲变形,使之适合电梯运行。

规范组将这些变形控制规定与国外规范作了比较,并结合高耸结构的各种使用要求加以确认。

4.2 桅杆风振系数问题

原规范对桅杆风振系数^[9]的规定较粗糙且不太合理。规范编制组十余年来对这一问题进行了长期研究,并将研究成果与国外规范相比较,得出了比较合理的桅杆风振系数。

4.3 单管塔径厚比问题

单管通讯塔、输电塔的设计中有一个共同问题,若按《钢结构设计规范》关于管结构的径厚比不得超过 100 的规定,则管柱的抗弯模量和惯性矩均不理想,材料用量大。若对结构非线性变形作限制,则浪费更为严重。规范修编组参考了国外规范,进行了大量的研究,并和电力系统大量工程实例对照,对于以弯曲为主的单管结构提出了将应力水平和径厚比相关考虑的计算方法,使得材料利用率大为提高^[10]。

5 改善规范的可操作性

对于原规范中仅提出一些较抽象的概念和方法,而缺乏可操作性的条文,编制组根据近年来的工程经验加以充实,达到了较好的可操作性。

5.1 温差效应

对高耸结构的温差效应,除烟囱外,原规范规定不够具体。由于现在带塔楼的钢塔的出现,设计人员在各种气候条件下的多功能钢塔设计中积累了经验,并将其反映在规范条文中^[11]。如对塔楼上下腹杆和塔柱的温度效应问题、塔身和井筒的温度效应问题、井道在阳光下的(温度)效应(变形)问题等,规范的规定都更为明确和可操作了,这对于类似工程的设计提供了很好的参考。

5.2 基础设计

对于高耸结构基础设计,原规范的叙述不够完整,也缺乏针对性。新规范首先对高耸结构常用的基础形式作了分类,并根据结构特点和地质条件推荐最恰当的基础形式。这对高耸结构基础设计的优化提供了借鉴。然后规范对每种基础的设计方法、

特殊构造要求作了规定,使基础设计的可操作性大为加强。

6 简化条款、鼓励设计人员自主创新

《高耸结构设计规范》修编中特别注重不要对设计人员过多地加以约束,在安全的前提下,鼓励设计人员自主创新。目的是将规范编制成既有一定数量的“处方”条文,又有一定数量的引导性条文。具体做法如下:

(1) 凡是不影响结构安全性的、不涉及上级规范强制性条文的、可以采用不同设计方法解决的尽量不采用强制性条文,这对设计人员是一种解放,有利于百花齐放的设计局面。

(2) 对于高耸结构设计长期实践证明明显不起控制作用的荷载及其组合、规定范围,作了“允许不予计算”或“可不予考虑”的建议。

(3) 在用词的严格性选择方面,照顾设计者的自主权,尽可能少用严格的用语,代之以推荐性的条文。

这些修改对于目前设计和审图工作中出现的某些形而上学倾向的纠正,有一定的积极作用。

7 注重概念设计和构造设计

新规范对于高耸结构的概念设计和构造设计给予较多的重视,如:

(1) 加强了结构选型和结构布置(包括平面布置和空间布置)的条文;

(2) 加强了关于结构形式、环境条件、荷载与作用及其效应的分析方面的综合性问题的叙述;

(3) 指出了对结构强度、应力比、刚度、整体稳定和局部稳定等问题进行综合分析、对比的思想;

(4) 对钢结构连接设计中新形式的构造和计算同时作出分析和规定;

(5) 对高耸结构特有的抗拔基础的总体设计和各个组成部分,指出了一系列明确的构造要求。

8 结语

《高耸结构设计规范》编制组,经过四年的努力,终于完成了规范修编工作。在这一工作中,编制组充分考虑了高耸结构建设领域内社会的需求和发展,较为和谐地处理了规范与设计的各种关系,使得规范总结了和体现了设计的进步,又指导

高耸结构设计向更为安全、合理、经济的方向发展。

参考文献:

- [1] 高耸结构设计规范编制组. 高耸结构设计规范[S]. (报批稿), 2004.
Technical committee of the high-rise building design code. Code for design of high-rise structures [S]. (Submitted for approving), 2004. (in Chinese)
- [2] GB50009-2001. 建筑结构荷载规范[S].
GB50009-2001. Load code for the design of building structures [S]. (in Chinese)
- [3] GB50017-2003. 钢结构设计规范[S].
GB50017-2003. Code for design of steel structures [S]. (in Chinese)
- [4] 王肇民. 高耸结构的振动控制[M]. 上海: 同济大学出版社, 1997.
Wang Zhaoming. Vibration control of high-rise structures [M]. Shanghai: Tongji University Press, 1997. (in Chinese)
- [5] 何敏娟, 马人乐. 336 米高黑龙江广播电视塔悬挂水箱振动控制及其实测[J]. 建筑结构学报, 2001, 22(1): 39~42.
He Minjuan, Ma Renle. Measurement and analysis of the vibration of Heilongjiang broadcast and TV steel tower controlled by pendulous tank [J]. Journal of Building Structures, 2001, 22(1): 39~42. (in Chinese)
- [6] GB50010-2002. 混凝土结构设计规范[S].
- [7] GB50007-2002, 建筑地基基础设计规范[S].
GB50007-2002. Code for design of building foundation [S]. (in Chinese)
- [8] 何敏娟, 马人乐, 朱亮. 黑龙江钢结构电视塔设计若干关键技术研究[J]. 特种结构, 2001, 18(1): 13~16.
He Minjuan, Ma Renle, Zhu Liang. Some key techniques in the design of Heilongjiang broadcast and TV steel tower [J]. Special Structures, 2001, 18(1): 13~16. (in Chinese)
- [9] 马星, 颜明忠, 沈之容. 桅杆结构风振系数简化计算[J]. 特种结构, 2002, 19(3): 54~56.
Ma Xing, Yan Mingzhong, Shen Zhirong. Simplified calculation for wind vibration coefficient of guyed mast [J]. Special Structures, 2002, 19(3): 54~56. (in Chinese)
- [10] 王笑峰, 何敏娟, 潘敏丽. 锥形单管塔的非线性静力分析[J]. 结构工程师, 2000, (4): 21~24.
Wang Xiaofeng, He Minjuan, Pan Minli. Nonlinear static analysis of pole towers [J]. Structural Engineers, 2000, (4): 21~24. (in Chinese)
- [11] 马人乐, 孙德发, 姚伟铭. 黑龙江电视塔设计中的温度效应研究[J]. 上海力学, 1999, 20 (4): 404~409.
Ma Renle, Sun Defa, Yao Weimin. The influence of temperature effect on Heilongjiang TV tower [J]. Shanghai Journal of Mechanics, 1999, 20 (4): 404~409. (in Chinese)

注: 该文在第十四届结构工程学术会议(2005 烟台)应邀作特邀报告

(上接第 66 页)

- [5] 盛季生. 超声波断口图[J]. 实验力学, 1992, 7(3): 221~227.
Sheng Jisheng. Ultrasonic Fractography [J]. Experimental Mechanics, 1992, 7(3): 221~227. (in Chinese)
- [6] 张诗捷, 朱亦钢, 黄新跃, 刘绍伦. 试件厚度对铝合金疲劳裂纹扩展的影响[J]. 航空学报, 1994, 15(6): 757~760.
Zhang Shijie, Zhu Yigang, Huang Xinyue, Liu Shaolun. Thickness effect on fatigue crack propagation of Al-alloy [J]. Acta Aeronautica et Astronautica Sinica, 1994, 15(6): 757~760. (in Chinese)
- [7] 何宇廷, 傅祥炯, 陈瑞峰. 材料断裂韧度测试中的厚度效应[J]. 机械科学与技术, 1997, 16(5): 856~860.
He Yuting, Fu Xiangjiong, Chen Ruifeng. Effect of thickness on testing the fracture toughness of material [J]. Mechanical Science and Technology, 1997, 16(5): 856~860. (in Chinese)
- [8] Miyamoto H and Kikuchi M. Three-dimensional J integral [J]. Theoretical and Applied Mechanics, 1980, 28: 195~204.
- [9] Machida K, Kikuchi M and Miyamoto H. The thickness effects of the CCT specimen [R]. Bulletin of JSME, 1986, 29(249): 701~707.
- [10] Kikuchi M, Miyamoto H and Hiraoka S. Three dimensional crack growth analysis by the T.N.P. method [R]. Bulletin of JSME, 1986, 29(257), 3679-3684(4): 12~19.
- [11] Crews Jr J H, Shivakumar K N, Raju I S. Effects of anticlastic curvature on G distribution for DCB specimens [C]. Mobile, Alabama: Proceedings 30th AIAA/ASME/ASCE/AHS Structures, Structural Dynamics and Material Conference, 1989, 1242~1249.
- [12] 邹振民, 樊蔚勋. 双悬臂梁试样能量释放率计算的新方法[J]. 南京航空航天大学学报, 1996, 28(3): 371~375.
Zou Zhenmin, Fan weixun. A new method for calculating energy release rate of double cantilever beam specimens [J]. Journal of Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, 1996, 28(3): 371~375. (in Chinese)
- [13] 刘东学, 谢志刚, 李惠荣. 表面裂纹受拉伸板三维弹塑性有限元分析模型及其 J 积分[J]. 大连理工大学学报, 1998, 38(2): 146~151.
Liu Dongxue, Xie Zhigang, Li Huirong. Finite element model of 3-D elastic-plastic analysis and J-integral calculation for surface crack in plate under tension [J]. Journal of Dalian University of Technology, 1998, 38(2): 146~151. (in Chinese)
- [14] Gdoutos E E. Fracture Mechanics [M]. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1993.