

文章编号:1009 - 2269(2002)03 - 0044 - 03

组合网架及其应用^{*}

刘震¹, 赵芳芳²

(1. 兰州大学 基建处; 2. 兰州银河房产公司, 甘肃 兰州 730030)

摘要: 组合网架是一种钢和钢筋混凝土组成的空间结构。它把网架上弦杆用钢筋混凝土平板(或带肋板)来代替,下弦杆和腹杆仍然用钢材,形成一种下部是钢结构,上部由钢筋混凝土组合而成的新型空间结构;它充分发挥钢材受拉和混凝土受压的有利条件,使两种不同材料发挥各自强度优势,又使结构的承重和围护功能合二为一,是近年来较具有发展前途的一种结构形式。

关键词: 组合网架;组合网架应用;发展趋势

中图分类号: TU356

文献标识码: B

随着我国社会经济的不断发展,人民生活水平的不断提高,全国各地兴建了很多展览馆、体育馆、剧院、会场等。建筑物规模越来越大,建筑水平也越来越高。在上述建筑物的屋盖或楼盖结构中,几乎采用了所有的结构体系,包括平面结构体系和空间结构体系,前者有梁式体系、框架式体系、和拱式体系;后者则有网架结构体系和悬索结构体系等^[1]。

网架结构是由很多杆件从两个或几个方向有规律地组成的高次超静定结构,它空间刚度大、整体性好,具有良好的抗震性能,能适应不同建筑物造型要求。同时,还有节省钢材,重量轻,制造和安装方便等优点^[2]。我国采用平板网架结构最早的是上海师范大学球类馆(1964年建成),采用了31.4 m×40.5 m的正放四角锥网架。但网架结构也有其自身的缺点,如由于建筑要求等原因,常采用钢筋混凝土屋面板,这时板仅起传递外荷载作用,而板的自重也作为一种荷载加于网架结点上,板本身并不参与网架结构的工作。这样就形成了一种由钢和钢筋混凝土组成的新型结构形式,即组合网架。

组合网架把网架上弦杆改用钢筋混凝土平板(或带肋板)代替,下弦杆和腹杆仍然用钢材,以充分发挥钢材受拉和混凝土受压的有利条件,使两种不同材料充分发挥各自的强度优势;又使结构的承重和围护功能合二为一,具有结构刚度大,抗震性能好,节省材料等优点,既可应用于屋盖,也可应用于楼盖^[3]。如1986年设计的长沙市纺织大厦是我国首次在高层大跨度建筑中采用组合网架屋盖和楼盖。

与传统结构相比,组合网架具有很大的优越性:一是组合网架更适用于大柱网、大空间的楼面,既可满足大跨度、大柱网和空间灵活的多功能要求,又使网架结构层可兼作设备层,能够有效降低建筑物总高度;二是组合网架可充分发挥混凝土与钢材的强度优势,混凝土受

^{*} 收稿日期:2001 - 04 - 10

作者简介:刘震(1967 -),男,河南南阳人,副教授。

压性能较好,钢材受拉性能较好,网架的上部是受压的,下部是受拉的,这就充分发挥了各自的材料特性;三是组合网架的刚度、抗震性能好,与同等跨度的钢网架相比,竖向刚度增加 30 %~50 %,与钢筋混凝土结构相比,水平地震力降低约 20 %;四是组合网架经济效益好,因组合网架无上弦及上弦水平支承,与同等跨度的钢网架相比,当它用于屋盖时,其用钢量可节省 15 %~25 %,造价节省 2 %~5 %,柱网大于 10 m 的楼盖与传统钢筋混凝土楼盖的比较见表 1^[4]:

表 1 各种楼盖主要指标比较

楼盖	自重	混凝土重	含钢量	木材量	造价	附件
类型	(kg/ m ²)	(t/ m ²)	(kg/ m ²)	(m ³ / m ²)	(元/ m ²)	
无梁	925	0.37	43.6	0.025	70.5	含柱帽
井式	825	0.33	46.7	0.024	75.33	
肋梁	750	0.30	35.4	0.018	57.2	
密肋	625	0.25	31.6	0.016	50.8	
网架	180	0.06	26.6	0.003	58.4	含上弦板

与普通钢网架相比,组合网架也有其缺点,主要有以下几个方面:一是组合网架用作屋盖时,因屋面用混凝土材料,属于重屋盖体系,因此显得自重太大,不宜用于大跨度结构(> 60 m);二是随着跨度增大,钢筋混凝土板的受力也增大,这样,给钢筋混凝土板、腹杆、下弦杆的设计等都带来了较大的困难。因此,目前国内建成的跨度最大的组合网架是 1987 年建成的江西抚州地区体育馆,平面尺寸为 45.5 m ×58 m 的正放四角锥组合网架。

由于组合网架是从一般网架演变而来,若有某种形式的网架,便有相应形式的组合网架。它可分为三类:一是交叉桁架体系组合网架,包括两向正交正放组合网架,两向正交斜放组合网架和三向组合网架等;二是四角锥体系组合网架,包括正放四角锥组合网架、正放抽空四角锥组合网架、斜放四角锥组合网架、星形四角锥组合网架和棋盘形组合网架等;三是三角锥体系组合网架,它有三角锥组合网架、抽空三角锥组合网架和蜂窝形三角锥组合网架等。

目前,关于组合网架的计算基本上采用有限元分析法、拟网架分析法和拟板分析法^[5]。组合网架的有限元分析法,是将组合网架离散成板壳元、梁元和杆元等有限数目的单元。这些单元在结点上彼此相连。又由各结点满足平衡条件和变形协调条件,从而建立组合网架的总刚度方程,求解方程得出位移值,从位移求各元内力。组合网架的拟网架分析法是用上弦杆系来代替上弦板,将组合网架简化为等代网架的简化计算方法。组合网架的拟板分析法是将整个结构用一块平板来代替,利用平板结构中已有的各种计算方法和结论,得到等代板的内力和位移,再反推出组合网架各构件内力,而板内由于局部弯曲引起的弯矩和剪力则另行计算。由于组合网架结构方面的特性,它不适用于大跨度(> 60 m)以上的屋盖及楼盖结构。目前,为了将组合网架用于大跨度结构,开展了多方面的研究,主要侧重于对于上弦板的改进方面,如上弦板采用轻质高强混凝土,或采用现在比较成熟的预应力技术,上弦板采用现已工业化生产的压型钢板等。相应地,在上弦结点方面已开展了不少研究工作,如区别较成熟的焊接十字板节点和焊接球缺节点,对上弦节点采用新型的螺栓环节点等。1992

年建成的总高度为 69.60 m 的上海国际购物中心七、八层楼就采用了预应力与非预应力螺栓环节点组合网架,七层为宴会厅,八层为迪斯科舞厅,结构层中有较大截面设备管道通过,网架平面为 27 m × 27 m 的正方形截去一个腰长为 12 m 的等腰三角形,采用正交正放四角锥,网架尺寸为 2.84 m × 3.84 m,网架高度为 2.0 m。通过单条实验和现场工程的静、动力测定和计算,证明这种组合网架是可靠而合理的。并且由于组合网架应用的特殊性,在不同荷载情况组合下,如地震荷载,爆破荷载等作用下,组合网架的设计也进行了相应的研究工作,尤其由于混凝土和钢筋的特性不同,对在大荷载,大挠度下组合网架的受力情况进行了广泛的研究。

组合网架有很大的优越性,尤其当它应用于楼盖结构时,相比于普通网架而言,更有其明显的优势。随着我省城市建设的高速发展及人民生活水平的提高,大型影剧院,体育场馆等得到了快速发展,尤其是在我市用地越来越狭窄且城市机动车辆越来越多的情况下,大型多层停车场等公共建筑的建造势在必行,这些都为组合网架结构的研究及应用提供了广阔的发展空间。随着西部的大开发和大发展,这种新型的结构形式也必将应用于我省各地的城市建设,展示出其独特的魅力。

参考文献:

- [1] 钟善桐,沈世钊. 大跨房屋钢结构[M]. 北京:中国建筑工业出版社,1993.
- [2] 沈祖炎,陈扬骥. 网架与网壳[M]. 上海:同济大学出版社,1997.
- [3] 肖 焱,马少华,王伟成. 空间结构设计与施工[M]. 南京:东南大学出版社,1993.
- [4] 姚发坤. 网架楼盖在高层建筑中的应用[J]. 建筑结构,1989,(6):34~36.
- [5] 董石麟,钱若军. 空间网架结构分析理论与计算方法[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2000.

Combined Network and Its Application

LIU Zhen¹, ZHAO Fang-fang²

(1. The Capital Construction of Lanzhou University; 2. Lanzhou Yinhe Real Estate Company, Lanzhou 730030, China)

Abstract : Combined network is a space structure which is composed of steel and reinforced concrete. It uses the reinforced concrete slab instead of the first quarter pole of the network, the last quarter poles and ventral poles are made by steels, so a new space network is found. But its under side is steel structure, above is reinforced concrete, the two materials have their strength, make bearing and bounding combined to work, the structure is new and has widely lookout lately.

Key words : combined network; application; development trend