

钢管混凝土组合网架的应用研究*

刘殿中 金凤清

(科研处)

摘要 在网架结构的受压上弦杆件中,当杆件直径超过 76 mm 时,采用钢管混凝土构件替代空钢管可达到节省钢材、降低造价的目的,同时该组合网架的设计计算及施工安装与原网架结构基本无变化.文中提供了组合网架的杆件替换的计算方法,可供有关人员参考.

关键词 螺栓球,组合网架,钢管混凝土

中图分类号 TU391

1 概述

1.1 组合网架结构的应用现状

组合网架有两种,一种是采用钢筋混凝土上弦板(通常为装配整体式的带肋平板)替代网架结构的上弦杆,形成钢结构和钢筋混凝土结构组合的空间结构;另一种是采用钢管混凝土构件替代网架的上弦杆件,形成外形与普通网架一样的新型组合结构.组合结构可充分发挥两种不同建筑材料(钢材和混凝土)的强度优势,以达到节省钢材,降低造价的目的.组合网架结构可用作屋盖和楼盖,在国内外已有应用(主要为第一种组合网架),收到良好的效果.第一种组合网架由于上弦板及上弦节点受力复杂,且目前尚无通用的计算及绘图软件,施工安装也比较复杂,限制了这种组合网架的应用;第二种组合网架分两种形式,即焊接球节点和螺栓球节点组合网架.焊接球节点的组合网架可参见有关研究报告.螺栓球节点网架由于其制作容易,安装方便得到了广泛的应用.但采用钢管混凝土的组合网架,目前尚未见应用报道.

1.2 螺栓球节点网架的应用分析

尽管网架这种结构属空间结构,受力比较均匀,但是网架结构在其高度受到限制的情况下,网架的跨中受压弦杆随着网架结构的跨度增加,受压弦杆的钢管直径就越大,与之相应的螺栓球的直径也就越大.从目前当地的钢材供应情况看,钢管直径 $\leq \Phi 114$ mm 的钢管为直缝高频焊接管;直径 $> \Phi 114$ mm 的钢管为无缝钢管.从钢材的价格上看,高频焊接钢管的价格在 3500.00 元/吨左右,无缝钢管的价格在 4500.00 元/吨;而且大直径、管壁厚的钢管市场销量较小,型号短缺,其价格可能更高.

螺栓球(实心)随着其直径的增大,球的重量和价格也成倍增长.螺栓球采用 45 号钢

收稿日期: 1998-12-16.

刘殿中,男,39岁,硕士,副教授,吉林建筑工程学院科研处.邮编:130021.

* 吉林省教委基金资助项目[吉教合字(97)第09号].

制成, 其价格为 6500.00 元/吨左右. 如 $\Phi 100$ 的球重量为 0.041 kN, 其价格在 27.00 元/个左右; $\Phi 150$ 的球重量为 0.139 kN, 其价格在 85.00 元/个左右. 钢管直径的增大, 由于构造方面的原因, 迫使螺栓球的直径增加, 导致网架结构的造价增加. 因此对网架中大直径钢管杆件的应用需要进一步的研究. 本文试图采用钢管混凝土构件替代大直径钢管杆件, 可达到节省钢材及降低造价的目的.

2 应用的可行性

2.1 钢管混凝土材料的特性

钢管混凝土材料是将混凝土填入钢管中, 使原本为脆性材料的混凝土在压力的作用下, 由于钢管的环向约束作用改变了混凝土的工作性能, 使其承载力提高, 并具有良好的弹塑性性能; 而空钢管由于内部填充了混凝土, 导致钢管本身的局部缺陷对稳定承载力影响减少, 且由于混凝土的支撑作用使得钢管的稳定承载能力提高. 两种不同材料组合在一起共同工作, 相互弥补了各自的不足, 使其潜力得到了充分发挥. 该组合材料具有承载力高, 弹塑性性能好的特点, 尤其是在轴心压力作用下效果更好.

2.2 应用范围及方法

网架结构的上弦杆件通常承受轴心压力作用, 在网架的上弦压杆中采用钢管混凝土杆件取代空钢管承受轴心压力可以减小钢管的直径. 经过分析认为, 网架上弦杆件计算直径超过 $\Phi 76$ mm 时, 可考虑采用钢管混凝土构件替换空钢管. 因为钢管直径小于 $\Phi 76$ mm 时对螺栓球直径的作用不明显, 且对网架结构的造价影响较小. 此外, 选择钢管直径大于 $\Phi 76$ mm 时采用钢管混凝土构件替换的有利条件为: 直径大于 $\Phi 76$ mm 的钢管在节点连接处需要采用锥头连接, 而直径小于 $\Phi 76$ mm 的钢管端头是采用封板直接连接的; 采用锥头连接的杆件当钢管内填充混凝土后, 高强螺栓在锥头内还有一定的伸缩范围, 可以满足网架安装要求; 由于锥头本身的锥壁较厚, 其内可不填充混凝土, 这样既可使锥头与钢管混凝土的端头易于焊接, 并保证其共同工作, 同时又可使钢管混凝土构件在螺栓球节点网架结构中的应用成为可能. 具体施工方法为: 钢管内填充的混凝土端部表面应与钢管的端部边缘留有一定的距离(即管内混凝土应凹进钢管端部), 以满足钢管与锥头的焊接要求. 通常该距离可考虑 10~20 mm 为宜.

2.3 折算壁厚

现有网架结构计算程序(矩阵位移法)在进行网架内力分析时, 只考虑采用一种材料(钢材), 程序自动计算各杆件刚度、节点位移, 并给出各杆件内力. 当采用钢管混凝土构件代换大管径空钢管时, 不能简单的一对一地进行代换. 因为杆件刚度的变化对空间网架结构各杆的内力有一定影响, 被替换的杆件承载能力可以满足要求, 但同时可能导致其他杆件不能满足承载能力要求. 因此替换后应重新进行网架内力计算. 在组合网架结构计算中将钢管混凝土构件按外径不变, 管壁为折算壁厚的空钢管进行计算. 折算壁厚可按式计算:

$$t_c = \frac{f_c r (\sqrt{1 + f_c/f} - 1)}{2f} \quad (1)$$

式中 t_c ——折算壁厚(mm); f_c ——钢管混凝土组合材料设计强度(N/mm²); f ——钢

材设计强度(N/mm^2); r ——钢管内半径(mm).

组合网架结构配件的选择(锥头、高强螺栓、无纹螺母等),应按原钢管混凝土材料实际的钢管壁厚进行.而螺栓球由于采用了钢管混凝土构件,钢管直径变小,钢球的直径自然减小,不需要特殊处理.

3 对比分析

以 $3.0 \times 3.0 \text{ m}$ 网格的情况下构件承载能力进行对比分析,其中空钢管构件的承载能力为 $N_g = \Phi A f$; 钢管混凝土构件的承载能力为 $N_c = \Phi_h A_h f_c$; A ——钢管面积(mm^2); A_h ——混凝土面积(mm^2); Φ_h ——钢管混凝土构件的轴压稳定系数; Φ ——钢构件的轴压稳定系数.

从表1中可以看出,采用钢管混凝土构件可以替代大一级的管径的空钢管构件;也可以采用较薄壁厚的钢管内填混凝土来替代厚壁的空钢管构件.

表1 钢管与钢管混凝土构件承载能力对比表

钢管规格/mm	混凝土强度等级	折算壁厚/mm	N_g/kN	N_c/kN	N_c/N_g
$\Phi 89 \times 4.0$	C40	6.4	127.44	199.66	1.57
$\Phi 114 \times 4.0$	C40	7.1	210.07	354.79	1.69
$\Phi 133 \times 5.0$	C40	8.7	334.48	552.32	1.65
$\Phi 159 \times 6.0$	C40	10.4	514.96	868.57	1.69

随着杆件直径的减小,螺栓球的直径也相应地减小一个等级,如从 $\Phi 180 \text{ mm}$ 降到 $\Phi 150 \text{ mm}$,从而达到节省钢材的目的.其具体节省钢材的指标应与网架结构的规模、跨度、承受荷载大小、网架的支承情况等有关.表2为钢管网架与钢管混凝土网架的用钢量对比(网架上弦永久荷载取 $3.0 \text{ kN}/\text{m}^2$,可变荷载取 $0.7 \text{ kN}/\text{m}^2$),结果表明网架结构跨度及规模越大,大直径钢管用量越多,节省钢材就越多.只要认真地进行设计分析,用钢管混凝土构件替代网架结构的受压构件会取得较好的经济效益的.

表2 钢管网架与钢管混凝土组合网架用钢量对比

平面尺寸/m	钢管网架用钢量 G_g/kN	组合网架用钢量 G_c/kN	$\frac{G_g - G_c}{G_g} \times 100\%$
24×24	142.64	126.21	11.5
24×48	322.15	279.64	13.2
30×30	251.92	224.34	10.9
30×60	595.20	512.76	13.8
36×36	445.96	407.29	8.6
36×72	1016.31	856.74	15.7

4 结论

通过以上分析,可得如下结论:

(1) 采用钢管混凝土构件替代空钢管受压构件是可行的,并可以获得一定的经济效益;

- (2) 现有的网架结构计算程序可直接应用于替代后的组合网架结构的计算;
- (3) 替代后的组合网架结构施工方便, 基本设计、制作及安装方法不变.

参 考 文 献

- [1] 钟善桐. 钢管混凝土结构. 黑龙江科学技术出版社, 1987
- [2] 网架结构设计与施工规程编制组. 网架结构设计与施工. 中国建筑工业出版社, 1995

Applied Study of the Composite Space-framed Grid Structure with Concrete Filled Steel Tubular

Liu Dianzhong, Jin Fengqing
(*Scientific Research Division*)

Abstract In compressed upper members of the space-framed grid structure, when diameter of the members is bigger than 76 mm, the hollow steel tube is substituted by concrete filled steel tubular member, which can save steel and reduce structure cost. At one time, design and installation of the composite space-framed grid structure is a basic same as the original structure. This paper is given the calculating method of the composite space-framed grid structure. This method can be reference to the relative person.

Keywords bolt ball, composite space-framed grid structure, concrete filled steel tubular