

文章编号:1007-7596(2001)02-0030-02

钢管混凝土与钢筋混凝土轴心受压构件的比较

周晓玉, 王 颖, 张 涤, 王良辰

(黑龙江省水利水电勘测设计研究院 黑龙江 哈尔滨 150080)

摘 要:介绍了钢管混凝土的概念、计算方法、程序编制等,并以例题说明主要计算方法,与普通钢筋混凝土做了比较。

关键词:钢管混凝土;钢筋混凝土;轴心受压构件;整体;组合;强度设计值

中图分类号:TV33 **文献标识码:**B

1 术语解释

钢管混凝土结构:在钢管内填充混凝土而形成的结构。

组合抗轴压强度:钢管混凝土组合截面所能承受的最大名义压应力。

组合轴压弹性模量:钢管混凝土组合截面在单向受压,且其纵向名义应力和应变呈线性关系时,截面上名义正应力与对应的正应变的比值。

套箍系数:反映钢管混凝土组合截面的几何特征和组成材料的物理特性的综合系数。标准值用 ζ 表示, $\zeta = A_s f_y / A_c f_{ck}$, 设计值用 ζ_0 表示, $\zeta_0 = A_s f / A_c f_c$ 。其中: A_s ——钢构件的截面面积; A_c ——混凝土构件的截面面积。

2 材料加工要求

钢管宜采用螺旋焊接管或直缝焊接管,焊缝必须采用对接焊缝。混凝土宜采用普通混凝土,水灰比应控制在 0.45 以下。混凝土的强度等级不宜低于 C30 级,可参照下列材料组合:Q235 钢配 C30 或 C40 级混凝土, Q345 钢配 C40 或 C50 或 C60 级混凝土, Q390 钢配 C50 或 C60 级混凝土。构件截面的套箍系数标准值不宜小于 0.5。

3 构造要求

钢管混凝土结构是在圆钢管内充填混凝土的结构。钢管的外直径不宜小于 100 mm, 钢管壁厚不宜小于 4 mm。一般是外径 $d=102\sim 2000$ mm, 板厚 $t=4\sim 66$ mm。钢管的外直径与壁厚之比宜在 20~100 范围内选用,即常用的截面含钢率 $\alpha_s=0.04\sim 0.20$ 。钢管混凝土宜用作轴心受压或作用力偏心较小的受压构件。当作用力偏心较大而采用单根构件不够经济合理时,宜采用格构式构件。

4 理论与计算

采用钢管混凝土结构,宜将其用作最能充分发挥其受力特性的构件。结构构件应根据承载力极限状态和正常使用极限状态的要求,进行下列计算和验算:

4.1 承载力及稳定:所有结构构件均应进行承载力(包括压屈失稳)计算。必要时尚应进行结构倾覆和滑移验算。

4.2 变形:对使用上需控制变形的结构构件,应进行变形验算。

4.3 抗裂及裂缝宽度:对使用上要求不出现裂缝的构件,应进行混凝土抗拉应力验算。对使用上允许出现裂缝的构件,应进行裂缝宽度验算。

结构构件的承载力(包括压屈失稳)计算和倾覆、滑移验算均采用荷载设计值。变形、抗裂及裂缝宽度验算,均采用相应的荷载代表值。

5 组合指标设计方法

钢管混凝土统一理论(钟善桐)指出:钢管混凝土构件的工作性能,随着材料的物理参数、构件的几何参数和截面形式,以及应力状态的改变而改变,变化是连续的、相关的,计算是统一的。

其具体内容是:把钢管混凝土构件视为统一的一种组合材料,用构件的整体几何特性(全截面面积和抵抗矩等)和钢管混凝土的组性能指标,来计算构件的各项承载力,不再区分钢管和混凝土。

6 计算公式

钢管混凝土组合轴压强度设计值应按下式计算:

$$f_x = (1.212 + \eta_s \zeta_0 + \eta_s \zeta_0^2) f_c \quad (\text{Mpa})$$

$$\eta_s = 0.1759 f_y / 235 + 0.974$$

$$\zeta = \alpha_s f_y / f_{ck}$$

$$\zeta_0 = \alpha_s f / f_c$$

$$\alpha_s = A_s / A_c$$

$$\eta_c = -0.1038 f_{ck} / 20 + 0.0309$$

f_x ——钢管混凝土的组合轴压强度设计值;

f_c, f_{ck} ——混凝土的轴心抗压强度标准值和设计值;

f_y ——钢材的屈服强度;

收稿日期:2001-3-14

作者简介:周晓玉,女(1960-),工程师

f ——钢材的抗拉、抗压和抗弯强度设计值;
 α_s ——构件截面含钢率;
 ζ, ζ_0 ——构件截面的套箍系数标准值和设计值;
 A_s, A_c ——钢管和混凝土的截面面积;
 η_s, η_c ——计算系数。

采用第一组钢材的强度值可以按表给出。采用第二、三组钢材的值应按表的对应值乘以换算系数 K_1 。对 Q235 和 345 钢, $K_1=0.96$; 对 Q390 钢, $K_1=0.94$ 。钢材的分组应按 GBJ17-88 的规定确定。

7 计算步骤及算例

钢管混凝土轴心受压柱计算(一)

计算公式: $N = \phi f_x A_x$, N 为最大承载力。

外直径 $d=1\,000\text{ mm}$, 钢管壁厚 $t=30\text{ mm}$ (第一组), 组合截面面积 $A_x=785\,398\text{ mm}^2$, 钢管截面面积 $A_s=91\,420\text{ mm}^2$, 混凝土截面面积 $A_c=693\,978\text{ mm}^2$ 。含钢率 $\alpha_s=A_s/A_c=0.1\,317$ 。

构件计算长度 $L_0=5\,000\text{ mm}$, 长细比 $\lambda=4\,L_0/d=20$, 查表得稳定系数 $\phi=0.998$ 。

采用钢材 Q235, 混凝土 C40, 查表得钢管混凝土的组合轴压强度设计值 $f_x=51.71\text{ N/mm}^2$ (内插), 因系第二组钢材, $K_1=0.96$ 。

于是 $N=0.998\times0.96\times51.71\times785\,398=38\,912\,014.99\text{ N}=38\,912.014\,99\text{ kN}$ ($=3\,967.9\text{ tf}$)。

钢管总重 $3\,588\text{ kg}$, 混凝土 3.47 m^3 。

特别提示: 直接采用第二组钢材指标计算 f_{cs} 值, 不再查 K_1 值, 也应当是可以的。

钢管混凝土轴心受压柱计算(二)

$N = \phi f_x A_x$, $d=1\,000\text{ mm}$ $t=12\text{ mm}$, $A_s=785\,398\text{ mm}^2$, $A_t=37\,247\text{ mm}^2$, $A_c=748\,151\text{ mm}^2$, $\alpha_s=A_t/A_c=0.049\,8\approx0.05$, $L_0=5\,000\text{ mm}$, $\lambda=4\,L_0/d=20$, $\phi=0.998$ 。采用钢材 Q235 (第一组), 混凝土 C40, 根据 α_s 查表得 $f_x=35.35\text{ N/mm}^2$ (内插), 则 $N=0.998\times35.35\times785\,398=27\,708\,729\text{ N}=27\,708.7\text{ kN}$ ($=2\,825.5\text{ tf}$)。

钢管总重 $1\,462\text{ kg}$, 混凝土 3.74 m^3 。

特别提示: 本例为了比较采用假定数据, 套箍系数标准值 $\zeta=\alpha_s f_y/f_{ck}=0.049\,8\times210/27=0.39$, 小于 0.5 , 不符合要求, 应增加壁厚。含筋率应大于 0.065 。采用 $t=16\text{ mm}$, $\alpha_s=0.067$, 是可以的。

钢筋混凝土轴心受压柱计算(比较)

计算公式: $N=f_c A_{cor}+f_y' A_{sp}+2f_y A_{s0}$

$d=1\,000\text{ mm}$, 计算保护层 $a=30\text{ mm}$, 核心混凝土直径

$d_{cor}=940\text{ mm}$, 面积 $A_{cor}=\pi/4\times940^2=693\,978\text{ mm}^2$ 。

构件计算长度 $l_0=5\,000\text{ mm}$, 长细比 $\lambda=l_0/d=5<7$, $\phi=1$ 。

$f_y=210\text{ N/mm}^2$ $f_y'=210\text{ N/mm}^2$, $f_c=19.5\text{ N/mm}^2$ 环筋直径 $d_s=12\text{ mm}$, 螺旋式间接钢筋的截面面积 $A_{st}=\pi/4\times d_s^2=113.1\text{ mm}^2$, 间距 $s=200\text{ mm}$, 螺旋式间接钢筋的换算截面面积 $A_{s0}=\pi d_{cor} A_{st}/s=\pi 940\times113.1/200=1\,670\text{ mm}^2$ 。

拟配钢筋 32 Φ 32, 面积 $A_s'=25\,736\text{ mm}^2$, 则

$N=19.5\times693\,978+210\times25\,736+2\times210\times1\,670=19\,638.549\text{ kN}$ ($=2\,002.6\text{ tf}$)。

钢筋总重 $1\,188\text{ kg}$ (其中受力钢筋重 $1\,060\text{ kg}$, 环筋重 65 kg , 箍筋重 63 kg), 混凝土 3.9 m^3 。

8 比较表 $d=1\,000\text{ mm}$ $L_0=5\,000\text{ mm}$

钢筋混凝土 矩形 截面	钢筋混凝土 矩形 截面	钢筋混凝土		钢筋混凝土
		壁厚 $t=30\text{ mm}$	壁厚 $t=12\text{ mm}$	
1 000×1 000	886×886			
受力钢筋重 1 193 kg	受力钢筋重 1 193 kg	受力钢筋重 1 060 kg		
箍筋重 88 kg	箍筋重 77 kg	环筋和钢筋 重 128 kg		
合计钢筋重 1 281 kg	合计钢筋重 1 270 kg	合计钢筋重 1 188 kg	合计钢筋重 3 588 kg	合计钢筋重 1 462 kg
混凝土 5.0 m ³	混凝土 3.9 m ³	混凝土 3.9 m ³	混凝土 3.47 m ³	混凝土 3.74 m ³
承载力 21 317 kN	承载力 17 353 kN	承载力 19 638 kN	承载力 38 912 kN	承载力 27 709 kN

从表中可以看出:

在同样体积, 同样用钢量的情况下, 钢管混凝土承载力要大很多; 若承载力一样, 则钢管混凝土用钢量较少。但是, 根据具体情况具体分析, 在造价方面二者相差不太悬殊。

钢管混凝土轴心受压构件可以在水利水电工程中添加应用。钢管混凝土受压、受弯构件计算程序另文阐述。

参考文献:

[1] 中华人民共和国国家标准, 混凝土结构设计规范(BGJ10-89)
[2] 中华人民共和国电力行业标准, 钢-混凝土组合结构设计规程(DL/5085-1999)
[3] 中华人民共和国行业标准, 水工混凝土结构设计规范(SL/T191-96)
[4] 钟善桐, 钢管混凝土结构, 黑龙江科学技术出版社, 1995
[5] 钟善桐, 高层钢管混凝土结构, 黑龙江科学技术出版社, 1999