

钢骨砼梁结构设计及应用 PDF转换可能丢失图片或格式，建议阅读原文

https://www.100test.com/kao_ti2020/451/2021_2022__E9_92_A2_E9_AA_A8_E7_A0_BC_E6_c57_451189.htm

一、前言 由砼包裹型钢做成的结构被称为钢骨砼结构（也称劲性砼结构），在日本应用最为广泛，研究和试验也最多。这种结构被简称为SRC结构，现在已和钢结构、木结构、砌体结构以及钢筋砼结构并列为五大结构之一。其中实腹式钢骨砼构件具有较好的抗震性能、节约钢材、提高砼利用系数、施工方便等优点，在工程建设中得到广泛应用。本文将主要介绍钢骨砼梁的设计方法及构造要求，通过工程设计实例，具体说明其计算和使用，供类似工程设计时参考。

二、结构特点及计算方法 钢骨砼梁是钢梁和钢筋砼梁二者的组合结构，实腹式钢骨通常采用工字形、口字形，截面材料的选用主要是依据现行国家标准“钢结构设计规范（GBJ17-88）”和“高层民用建筑钢结构技术规程（JGJ99-98）”，保证构件具有足够的塑性变形能力，其屈服强度不宜过大，伸长率应大于20%；钢筋砼按照“砼结构设计规范（GBJ10-89）”要求实施。钢骨砼梁的正截面强度各国的计算方法很不相同。前苏联“劲性钢筋砼结构设计指南CN3 - 78”假定型钢和砼成为一个整体，能够一致变形，几乎完全套用钢筋砼结构的计算方法。日本“钢筋砼结构计算标准”把钢筋砼梁的抗弯能力和型钢的抗弯能力叠加得到钢骨砼梁的抗弯能力，两种方法不同之处在于型钢梁能否与钢筋砼形成一个整体。现行“钢骨砼结构设计规程YB9082 - 97”在实腹式钢骨砼梁的计算方法上主要参考了日本计算标准，结合试验研究成果，对称配置钢骨砼梁

正截面受弯承载力，计算结果偏于保守。M 为弯矩设计值， M_{ss} 为梁中钢骨部分的受弯承载力， M_{rcbu} 为梁中钢筋砼部分的受弯承载力。当受拉翼缘大于受压翼缘的非对称钢骨截面，则可将受拉翼缘大于受压翼缘的面积作为受拉钢筋考虑，考虑粘结滑移对截面承载力的影响，砼抗压设计强度以 f_c 代替 f_{cm} 。由力矩平衡公式 $M=0$ ，力平衡公式 $X=0$ 可得： $f_c A_c = f_y A_s N_{ss}$ ， $M_u = f_c A_c (h_{oc} - h_{oss}) - N_{ss} (h_{os} - h_{oss})$ $M_{ss} A_c$ ：受压区砼的面积， h_{oc} 、 h_{oss} 、 h_{os} 分别为受压区砼的合力点、钢骨中心以及受拉钢筋合力点至截面受压边缘的距离。对于钢骨偏置在受拉区的非对称截面，按钢与砼组合梁的设计方法计算处理，为保证砼与钢骨整体作用，在钢骨上翼缘设置剪力连接件。在设计中值得注意的是，在钢骨部分受弯承载力的计算中可不考虑局部压屈，基于受力构件达到受弯承载力极限状态时，比弹性极限受弯承载力有所提高采用截面塑性发展系数 η ，实际应用中，根据构件重要性可偏于安全取 $\eta = 1.0$ 。钢骨砼梁受剪承载力按照承载力极限状态理论 $V = V_{ss} + V_{rcbu}$ 。 V 为梁的剪力设计值， V_{ss} 为梁中钢骨部分的受剪承载力， V_{rcbu} 为梁中钢筋砼部分受剪承载力，无地震作用组合时 $V = 0.4 f_c b b_h b_o$ ， $V_{rcbu} = 0.25 f_c b b_h b_o$ 。钢骨砼梁裂缝宽度和抗弯刚度，钢骨砼结构设计规程给出了计算公式，不对称钢骨砼截面抗弯刚度可按下列公式计算。 $B = E_s A_s h_{bo}^2 / [1.15 + 0.96 E_c / (1.35 f)] E_s I_{ss}$

三、工程实例 华天贵宾楼工程，地下二层，地上二十八层，标准层层高3.3米，总高99.35米，总建筑面积48000平方米。南北向沿高度作内外 $7.08^\circ \sim 7.91^\circ$ 倾斜，顶部最大外公倾平面尺寸达14米，外倾面积7700平方米，其倾斜部分采用斜向钢

骨砼柱与水平钢骨砼梁拉结，受层高和各专业安管道安装空间的限制，为满足建筑净空使用要求，轴线跨度为11.955米，横向次梁梁高只能做成600毫米，高跨比接近1/20，且位于外挑部位，梁身刚度很难保证，经方案比较，确定采用钢骨砼宽扁梁。此建筑主楼结构整体采用“SATWE”进行分析计算。其顶层内力最大，最大正弯矩设计值 $M=829.0\text{kNm}$ ，最大剪力设计值 $V=331.6\text{kN}$ ，轴向力设计值 $N=17.2\text{kN}$ ，短期效用组合下弯矩标准值 $M_k=637.7\text{kNm}$ 。结合框架柱梁分析结果，假定梁截面尺寸 $700 \times 600 (h)$ ，钢骨采用Q235等级C的热扎H型钢 $\text{HM}450 \times 300 (440 \times 300 \times 11 \times 18\text{mm})$ ，截面特征见表1

表1 $E_s=2.06 \times 10^5\text{MPa}$ $I_s=10442550 \times 10^3\text{mm}^4$ $E_c=3.25 \times 10^4\text{MPa}$ $I_c=125 \times 10^9\text{mm}^4$ 混凝土强度等级C30， $f_c=15\text{MPa}$ ，纵向钢筋 $f_y=310\text{MPa}$ ， $f_{sv}=210\text{MPa}$ 。(1) 正截面抗弯、斜截面抗剪承载力计算表2 名称公式计算结果

钢骨受弯承载力 $M_{ssby}=r_s w_s f_{ss} 575.7\text{kNm}$ 钢筋砼受弯承载力 $M_{rcb}=M-M_{ssby}=253.3\text{kNm}$ 钢筋砼受弯配筋 $A_s=M_{rcb}/f_{sy} h_0=1504\text{mm}^2$ 钢骨受剪承载力 $V_{ssy}=t_w h_w f_{sv} 555.5\text{kN}$ 钢筋砼剪弯承载力 $V_{rcb}=V-V_{ssy}$ $b_0=hb-a=600-35=565\text{mm}$ 选8 16， $A_s=1608\text{mm}^2$ ， $A_s > \min b h$ 选13 18， $A_s=3315\text{mm}^2$ ，箍筋按构造， $v_{\min}=0.02f_c/f_{yv}=0.14\%$ ，选 8@150 (四肢箍) $0.4f_c b b_0=2373\text{kN} > V=331.6\text{kN}$ $0.25f_c b b_0=1483\text{kN} > V_{rcb}=0$ 满足要求 (3) 裂缝宽度验算表3 名称公式计算结果 受拉钢筋配筋率 $\rho = A_s/bh_0 = 0.004066$ 0.008382 受压翼缘增强系数 $\beta = (b_f - b)h_f/bh_0 = 0.80$ 8 砼截面开裂弯矩 $M_{cr} = 0.235b h^2 f_{tk} = 118.4\text{kNm}$ 118.4kNm 短期荷载效应组合下钢筋砼部分所承担的弯矩 $M_{rck} = E_s A_s h_0 / \{ E_s A_s h_0$

$\eta = \frac{1}{1 + 0.26 \frac{E_s}{E_c} \left(\frac{1}{3.5} - \eta \right)}$

$\eta = 1.1(1 - M_c/M_{rck}) = 0.7908352$ 折算直径 $d_c = 4(A_s/A_{sf})/s = 29.9\text{mm}$

$\rho_{te} = \frac{A_s/A_{sf}}{0.5bh} = 0.0333700415$ 短期荷载效应组合下受拉钢筋的应力

$\sigma_{sk} = M_{rck}/0.87A_s h_0 = 532.6\text{Mpa} > 310\text{MPa}$

$\sigma_{sk} = 301.9\text{MPa}$

$\eta = 2.0 \times 105\text{MPa}$

$E_c = 3.0 \times 10^4\text{Mpa}$

$\eta = E_s/E_c = 6.67$

$f = 0.2h_0 = 113\text{mm}$) 梁最大裂缝宽度 $W_{max} = 2.1 \left(\frac{\sigma_{sk}}{E_s} \right) \times (2.70 - 0.1d_e/\rho_{te}) = 2.1 \times 0.8352 \times 301.87 / (2.0 \times 105) \times (2.7 \times 25 - 0.1 \times 25.43 / 0.0415) \times 0.7 = 0.24\text{mm} = W_{max}$

$(1.66 \times 1.5) = 0.096\text{mm}$ (4) 挠度变形计算近似取钢骨砼梁荷载为均匀分布。表4 名称公式计算结果短期荷载效应组合下截面抗弯刚度 $B = E_s A_s h_0^2 / [1.15 - 0.26 \frac{E_s}{E_c} \left(\frac{1}{3.5} - \eta \right)] = 2.851 \times 10^{14}\text{Nmm}^2$ 长期荷载效应组合下钢筋砼部分所承担的弯矩 $M_{rck} = (M_{ik}/M_k) M_{rck} = 446.0\text{kNm}$ 长期荷载效应组合下梁的抗弯刚度 $B_l = M_{rck} / (M_{rck} - 0.6M_{rck}) \times E_s A_s h_0^2 / [1.15 - 0.26 \frac{E_s}{E_c} \left(\frac{1}{3.5} - \eta \right)] = 2.254 \times 10^{14}\text{Nmm}^2$ (表中砼保护层厚度 $c = 25\text{mm}$, 钢筋表面形状系数 $\mu_s = 0.7$) $s = 5/48 \times M_{ik}^2 / B_l = 5/48 \times (578.2 \times 10^6) / (2.254 \times 10^{14}) \times 119552 = 38.2\text{mm}$ $s/l = 38.2/11955 = 0.0032 = 3.2\text{‰}$, 理论上满足要求。设计中, 分析外挑结构在荷载及地震作用下推力或拉力对梁不利影响, 计算过程中梁端假定为简支, 为平衡钢骨产生的拉力, 需加配钢骨梁受力负筋; 另受梁高限制, 钢骨砼保护层厚度小于临界厚度 $c_{cr} = 0.25b f_t^{1/2} = 0.25 \times 300 \times 2.01^{1/2} = 106.1\text{mm}$, 设置锚固连接件 (通常采用圆柱头焊钉, 按钢 - 砼组合梁要求验算, 以增强型钢与砼连接面上的粘接强度, 限篇幅, 从略)。

梁端节点因按“ 钢骨规程 ”对钢骨梁与钢骨梁暂无明确规定，遵循钢骨腹板部分设置钢筋贯穿孔时，截面缺损率不应超过腹板面积的20%，主筋不得与钢骨直接焊接的要求。此工程于二〇〇〇年十月开工，二〇〇一年八月封顶、并主体验收，二〇〇二年五月投入使用，建筑从建设至今，经观测，钢骨梁柱无裂缝，挠度也不大，效果良好。

四、结束语通过此次工程结构设计，有如下体会：1、在钢筋砼结构体系中，局部采用钢骨砼结构构件是可行的，特别是大跨度杆件设计时，结合宽扁梁的采用，可提高梁的抗弯、抗拉、抗压刚度，减小竖向变形值，降低梁高，其效果比纯钢筋砼结构好。2、钢骨砼结构的设计和施工的重点是钢骨构件及其节点的设计，并且结合设计图纸，做好施工配合，注意钢筋与钢骨的连接，钢骨与砼柱的连接

100Test 下载频道开通，各类考试题目直接下载。详细请访问 www.100test.com