

关于混凝土结构构件最优配筋率探讨

冷杨川

身份证号码: 510105*****0512 成都 610001

摘要: 我国建筑业大量使用混凝土结构作为受力体系, 然而随着经济的深入发展, 在国家节能减排的政策下, 对结构设计及造价提出了更高的要求, 结构设计不仅要做到安全合理, 更要考虑结构构件的经济节约, 本文旨在通过理论计算以及实例验证给出结构构件的最优配筋率, 供结构设计参考。

关键词: 混凝土; 结构设计; 结构构件; 经济节约; 最优配筋率

1 引言

我国建筑业大量使用混凝土结构作为受力体系, 然而随着经济的深入发展, 在国家节能减排的政策下, 对结构设计及造价提出了更高的要求, 结构设计不仅要做到安全合理, 更要考虑经济节约, 不仅为企业节省成本, 也降低了对结构材料的使用, 间接降低了社会生产能耗。

2 理论依据

不同地区不同市场, 混凝土结构材料的价格变化比较大, 我们以四川地区为例, 采用 C30 混凝土, 钢筋采用热轧三级钢 (HRB400), 考虑混凝土为每立方 400 元, 钢筋材料出厂价为每吨 4000 元, 均不含人工及管理费用。有屈服点普通钢筋纵向受拉钢筋屈服与受压区混凝土破坏同时发生时的相对界限受压区高度为 ζ_b , 通过《混凝土结构设计规范》GB 50010-2010[1] (简称混规)

6.2.7 条 6.2.7-1 公式如下:

$$\xi_b = \frac{\beta_1}{1 + \frac{f_y}{E_s \epsilon_{cu}}}$$

根据混规 4.2.3 条三级钢普通钢筋的抗拉强度设计值

$f_y=360\text{Mpa}$, $E_s=200000\text{Mpa}$, 混规 4.1.4 条混凝土轴心抗压强度的设计值 $f_c=14.3\text{Mpa}$, 混规 6.2.6 条当混凝土强度等级不超过 C50 时, β_1 取为 0.80, 再根据混规 6.2.1-5, 计算可得 $\zeta_b=0.518$ 。

3 理论计算过程

我们以一个纯受弯构件为例, 考虑平截面假定, 不考虑箍筋及上部钢筋, 如图 1。

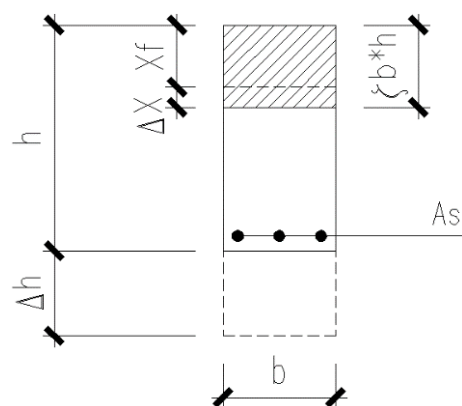


图 1

通常情况下, 钢筋的价格远高于混凝土的价格, 如果要做到构件最经济节省, 那么势必要减少钢筋的用量, 如果荷载不变的情况下, 要减少钢筋的用量, 肯定会引起截面增大混凝土用量的增加, 根据这种思路, 我们假定混凝土增量为 $\Delta h*b$, 钢筋减少量为 ΔA_s , 混凝土受压区高度减少量为 Δx 。根据平截面力的平衡原理, $0.518*h*f_c*b=f_y*A_s$ (等式 1), $\Delta A_s*f_y=\Delta x*f_c*b$ (等式 2), 假设截面增大后不改变构件成本, $\Delta h*b*400=\Delta A_s*7.8*4000$ (等式 3), 由等式 1-3 可推导出 $A_s=0.02*b*h$, $\Delta A_s=0.0128*\Delta h*b$, ΔX

$=0.3224 \Delta h$, 由此可知, 截面最大受弯承载力为: $M_u = f_y * (A_s - \Delta A_s) * [h + \Delta h - 0.5 * (0.518h - \Delta X)] = f_y * (0.02 * b * h - 0.0128 * \Delta h * b) * (0.741 * h + 1.1612 * \Delta h) = f_y * (-0.01486 * b * \Delta h^2 + 1.3739 * b * h * \Delta h + 1.482 * b * h^2)$, 根据最大值原理, $\Delta h = 0.4623h$ 时, M_u 有极大值, 此时 $x_f = 0.518h - \Delta X = 0.369h$, 配筋率 $\rho = (A_s - \Delta A_s) * f_y / (h + \Delta h) / b = 0.963\%$

4 实例验证

通过中国建筑科学院编制的 pkpm 软件建立 3x3 跨一层的框架结构, 如图 2, 按 $\rho = 1\%$ 和 $\rho = 2\%$ 计算出各自造价, 并验证该理论是否合理。

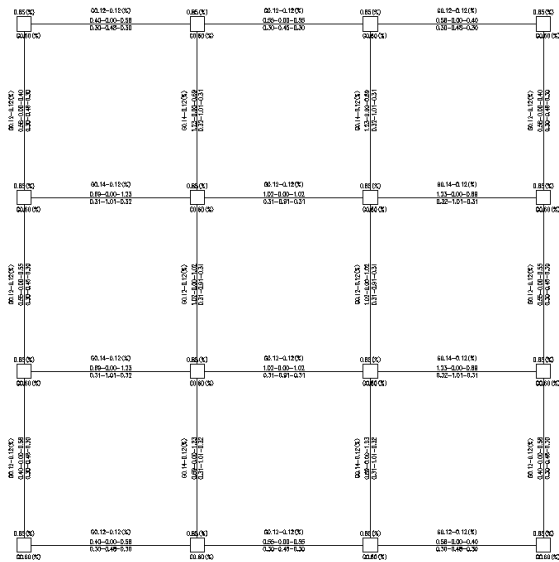


图 2

选用梁截面大小为 250*500, 初始附加恒荷载考虑 5KN/m², 活荷载考虑 4KN/m², 经过 pkpm 计算, 其大部分框架梁配筋率约至 1%, 局部如图 3:

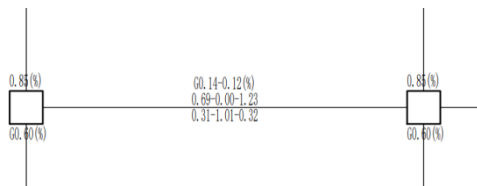


图 3

经过 pkpm 工程量统计计算得出如下 (仅统计梁构件):

构件	混凝土用量(m ³)	钢筋用量(吨)
梁	18.0	1.9

按照上文提到的材料参考价格, 其水平受弯构件总的成本为: $18 * 400 + 1.9 * 7800 = 22020$ 元

然后保持荷载不变情况下减小截面大小为 250x400, 此时大部分框架梁配筋率增加约至 2%, 局部如图 4:

经过 pkpm 工程量统计计算得出如下:

构件	混凝土用量(m ³)	钢筋用量(吨)
梁	14.4	2.8

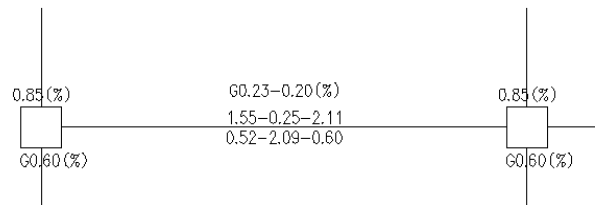


图 4

同样, 计算其水平受弯构件总的成本为:

$14.4 * 400 + 2.8 * 7800 = 27600$ 元, 超过梁配筋率为 1% 时结构成本的 25% 左右。

因此从以上实例验证说明, 混凝土构件最优配筋率理论推导符合预期。

5 结束语

本次关于结构构件的最优用钢量计算仅考虑了纵向钢筋的最优配筋率情况, 并且计算建立在一个给定的材料市场价格前提之上, 随着市场价格的波动, 可以利用该理论原理计算出不同情况下的结构成本最优解, 可供设计单位借鉴参考。

参考文献:

[1]《混凝土结构设计规范》GB 50010-2010 中国建筑科学研究院

作者简介: 冷杨川, 男, 工程硕士, 一注结构。