

文章编号:1002-5634(2000)01-0044-03

关于预应力混凝土空心板最小配筋率的讨论

曾力¹, 毕苏萍¹, 黄诚², 魏星¹

(1. 郑州工业大学土木建筑工程学院, 河南 郑州, 450002; 2. 河南省息县城建局设计所, 河南 息县, 464300)

摘要: 混凝土受弯构件在少筋的情况下容易发生钢筋拉断的脆性破坏, 特别是预应力混凝土构件由于初始张拉力的存在更容易发生脆性破坏. 因此, 对预应力混凝土构件的最小配筋率限制得更严格. 针对预应力混凝土空心板最小配筋率不满足的情况, 采用调整张拉控制应力系数 C_x 值和部分张拉受力钢筋两种方法, 对预应力混凝土空心板最小配筋率的变化情况进行了分析和讨论, 通过对计算结果的分析处理, 对预应力空心板的设计提出几点建议, 所得优化系数有较好的应用价值.

关键词: 张拉控制应力系数; 配筋率; 空心板; 承载力; 部分预应力

中图分类号: TU378 **文献标识码:** A

为了防止预应力混凝土空心板发生脆性破坏^[1-3], 当实际配筋率小于最小配筋率时, 预制板的受弯承载力按除以 1.4 予以折减^[4,5]. 最小配筋率的计算公式为

$$\rho_p \geq \frac{\alpha_0 f_{tk}}{1.05 f_{py} - \beta_0 \sigma_{p0}} \quad (1)$$

其中
$$\alpha_0 = \frac{\gamma W_0}{bh_0^2} \quad \beta_0 = \frac{W_0}{A_0} + e_{p0}$$

$$\rho_p = \frac{A_p}{bh_0}$$

$$\sigma_{p0} = \sigma_{con} - \sigma_l \quad \sigma_{con} = C_x f_{ptk}$$

式中 α_0, β_0 ——换算截面的几何特征系数;
 σ_{p0} ——预应力钢筋合力点处混凝土法向应力为零时的预应力冷扎带肋钢筋应力;
 f_{py} ——预应力冷扎带肋钢筋抗拉强度设计值;
 σ_l ——预应力损失值;
 f_{tk} ——混凝土轴心抗拉强度标准值.

由(1)式知, 通过调整 $\sigma_{p0}, f_{py}, f_{tk}$ 值可使最小配筋率变化, 从而保证实际配筋率满足最小配筋率的要求. 由于上述折减的缘故, 在钢筋数量保持不变的情况下, 预制板的抗弯承载力可相对提高 40%. 本文主要是对调整张拉控制应力系数 C_x 值及采用部

分张拉受力钢筋来改变最小配筋率的两种方法进行分析和讨论.

1 C_x 对配筋率和承载力的影响

张拉控制应力值 σ_{con} , 不应超过 $0.7f_{ptk}$ 且不宜低于 $0.4f_{ptk}$, f_{ptk} 为预应力冷扎带肋钢筋抗拉强度标准值^[4,5]. 也就是张拉控制应力系数 C_x 可在 0.4~0.7 之间取值, 但在各地混凝土预制板标准图中 C_x 值大多取 0.7. 由于 C_x 值较高时(1)式中 σ_{p0} 较高, 则最小配筋率值相对较大, 于是在实际配筋率较低, 跨度较小的预应力空心板中经常出现不满足最小配筋率的情况. 在满足文献^[4,5]要求的情况下 C_x 值可适当降低, 这样预制板就出现从少筋板到适筋板的转变. 由于总的钢筋数量不变, 如预制板满足抗裂和变形的要求^[1], 则由于上述折减的缘故, 板的极限承载力相对提高 40%, 相对节约了钢筋. 通过对跨度为 3 000 mm, 截面高度为 120 mm, C30 级混凝土, 钢丝为甲级一组冷拔低碳钢丝的预应力混凝土空心板的大量计算和比较, 计算结果表明在其他条件相同情况下, 由于张拉控制应力系数 C_x 的变化, 板的极限承载力和最小配筋率都会有所变化. 计算结果列于表 1. 其中 M_d, Q_d 为正截面承载力

收稿日期:1999-10-25; 修订日期:2000-03-02

基金项目: 河南省科技攻关项目(971190110)

作者简介: 曾力(1972-), 男, 湖南沅江人, 郑州工业大学土木建筑工程学院助教, 硕士, 从事混凝土结构、结构优化研究.

弯矩设计值和荷载设计值； M_l, Q_l 为按荷载长期效组组合计算的弯矩值和荷载值； M_s, Q_s 为按荷载短期效组组合计算的弯矩值和荷载值； ρ 为最小配筋率； ρ' 为实际配筋率。

表 1 张拉应力控制系数 C_x 计算结果表

配筋	C_x	$M_d/kN \cdot m$	$M_l/kN \cdot m$	$M_s/kN \cdot m$	Q_d/kN	Q_l/kN	Q_s/kN	$\rho/\%$	$\rho'/\%$
8 ϕ^4	0.7	3.31	4.45	2.56	6.39	8.59	4.93	0.269	0.208
8 ϕ^4	0.6	4.63	4.03	2.13	8.93	7.76	4.11	0.229	0.208
8 ϕ^4	0.5	4.63	3.60	1.70	8.93	6.94	3.28	0.199	0.208
8 ϕ^4	0.4	4.63	3.17	1.27	8.93	6.11	2.46	0.176	0.208

由表 1 中的数据对比不难看出,当张拉应力控制系数 C_x 从 0.7 变化到 0.4 的过程中,预制空心板由少筋板转变成适筋板.如果考虑提高板的承载力且能满足抗裂和变形的要求,又使其不出现少筋的情况,可在满足文献[4,5]的前提下降低预应力钢筋的张拉应力控制系数,这样就存在 C_x 的优化问题.由于 C_x 值的降低,使得板的力学性能有所改善,且用钢量相对减少(由于少筋情况的折减).通过对不同跨度的预应力圆空板进行大量电算,得到不同跨度板的 C_x 的优化值以供参考,计算结果列于表 2.荷载设计值为 $4.0 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2} \sim 9.1 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2}$.

表 2 预应力圆空板 C_x 计算结果

混凝土参数	C30	C30	C30	C30	C30
跨度 L/m	2.4	2.7	3.0	3.3	≥ 3.6
C_x 优化值	-	0.45	0.50	0.60	0.70

2 部分预应力钢筋对承载力的影响

对受拉区同时配有纵向预应力和非预应力冷拔钢丝的空心板^[2,3],由于有部分非预应力钢筋的存在,有效地改变了预应力混凝土板的性能.不仅可以克服完全预应力钢筋混凝土空心板只出现一条或少数几条裂缝,由受压区混凝土被压碎引起脆性破坏的缺点,而且有利于分散裂缝和改善构件的变形性能,使结构有较好的延性.配有非预应力钢筋的空心板最小配筋率的计算公式^[4,5]

$$\rho_{pe} \geq \frac{\alpha_0 f_{rk}}{1.05 f_{py} - \beta_0 \alpha \sigma_{p0}} \quad (2)$$

其中 $\rho_{pe} = \frac{A_{pe}}{bh_0}$

$$x = \frac{\sigma_{p0} A_p - \sigma_{l5} A_s}{\sigma_{p0} A_{pe}}$$

$$A_{pe} = A_p + \frac{f_y A_s}{f_{py}}$$

式中 A_p ——受拉区纵向预应力冷扎带肋钢筋(冷拔钢丝)的截面面积;

A_s ——受拉区纵向非预应力钢筋的截面面积; b_{h0} ——截面几何参数;

f_y ——钢筋抗拉强度设计值;

σ_{l5} ——混凝土的收缩和徐变引起的预应力损失值.

由(2)式知当预应力空心板的配筋率小于最小配筋率时,可把部分预应力钢筋不张拉,通过调整非预应力钢筋的相对比率,同样能使预应力空心板由少筋板转变成适筋板,从而如同 C_x 值变化改变板的最小配筋率一样,相对提高板的承载力,简化了施工,节约钢材.由于 ρ_x (非预应力钢筋截面面积占总钢筋截面面积的比率)的变化,其他条件相同板的承载力也将有所变化.

同样方法对跨度 2.7 m,截面高度为 120 mm, C30 混凝土,钢丝为甲级一组冷拔低碳钢丝的预制空心板进行计算,计算结果列于表 3.

由表 3 分析当 ρ_x 逐渐增大时,预制空心板由少筋板变成适筋板,而且 M_s, M_l 相对变化较小.对于少筋板如前所述存在折减的情况,这样可通过预应力钢筋部分不张拉得到适筋板.同样也存在着 ρ_x 的优化问题.通过对不同跨度的预应力圆空板计算,得到不同跨度板的 ρ_x 的优化值,列于表 4.荷载设计值为 $4.0 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2} \sim 0.1 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2}$.

表3 预制空心板计算结果

配筋	ρ_x	$M_d/\text{kN}\cdot\text{m}$	$M_s/\text{kN}\cdot\text{m}$	$M_l/\text{kN}\cdot\text{m}$	Q_d/kN	Q_s/kN	Q_l/kN	$\rho/\%$	$\rho'/\%$
7 ϕ b4	0.3	2.90	3.52	1.63	6.97	8.47	3.93	0.201	0.182
7 ϕ b4	0.4	4.06	3.21	1.32	10.76	7.70	3.16	0.178	0.182
7 ϕ b4	0.6	4.06	2.88	0.99	10.76	6.93	2.30	0.160	0.182
7 ϕ b4	0.7	4.06	2.56	0.67	10.76	6.15	1.60	0.146	0.182
7 ϕ b4	0.9	4.06	2.23	0.34	10.76	5.35	0.81	0.133	0.182

表4 预应力圆空板 ρ_x 计算结果

混凝土参数	C30	C30	C30	C30	C30
跨度 L/m	2.4	2.7	3.0	3.3	≥ 3.6
ρ_x 优化值	-	0.45	0.50	0.60	0.70

3 结 语

1. 在满足抗裂度及变形的情况下,对于板长小于或等于 3.3 m 的板型,张拉控制应力系数 C_x 不取定值 0.7,而在 (0.4~0.7) 范围内取值^[4,5]. 或者调整 ρ_x 值(一般在 0.5~1.0 之间取值),这样可以避免少筋板的出现,既可相对提高承载力节约一定数量的钢材,又可改善预制板的受力性能.

2. 对于 2.4 m 跨度的预应力空心板宜取 C_x 为 0.6, ρ_x 为 0.6 进行设计,这样即满足不小于最小配筋率的要求,又避免了开裂荷载很小的弱点. 其他板

型的空心板也可采用 C_x , ρ_x 均不同的方法进行设计.

3. 板的断面形式相同,配筋总数相同,采用不同的张拉控制应力系数(或张拉不同的钢筋数量)在生产线上生产相应板长的板,不会给生产带来更多的麻烦,实施起来也较为方便.

参 考 文 献

- [1] GBJ10-89, 混凝土结构设计规范[S].
- [2] 张鑫. 120 mm 厚预应力混凝土空心板设计浅谈[J]. 建筑结构, 1995: 37-39.
- [3] 沈蒲生, 罗国强. 混凝土结构[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1998: 203-206.
- [4] JGJ19-92, 冷拔钢丝预应力混凝土构件设计与施工规程[S].
- [5] JGJ95-95, 冷扎带肋钢筋混凝土结构技术规程[S].

The discussion of the minimum reinforcement ratio of prestressing concrete hollow slab

ZENG Li¹, BI Su-ping¹, HUANG Cheng², WEI Xing¹

(1. College of Civil Engineering, Zhengzhou University of Technology, Zhengzhou, 450002, China; 2. Design Department of Xixian Urban Construction Bureau, Xixian, 464300, China)

Abstract: In the case of under reinforced concrete, brittle tension failure often occurs in concrete structure, which steel fractured. Especially, the case occurs more easily because the exist of the initial prestress. So, the reinforcement ratio of prestress concrete structure was restricted strictly. According to non-content of the smallest reinforcement ratio of prestress concrete hollow slab, the authors adopts the method of adjusting the coefficient C_x of tension control stress and partially stretching steel. By the discussing and analysis, the paper gets the valuable optimization coefficients and gives us some advice for designing of prestress concrete hollow slab.

Key words: tension control stress coefficient; reinforcement ratio; hollow slab; bearing capacity; partial prestressing