

# 现浇钢筋混凝土圈过梁裂缝控制\*

成红山

(盐城众兴置业有限公司,江苏 盐城 224001)

**摘 要** 结合工程实例,探讨了现浇钢筋混凝土圈过梁收缩裂缝控制问题。分析了裂缝间距与梁配筋率之间的关系,提出了依据过梁净跨度确定圈梁的最低配筋率以控制裂缝的措施。

**关键词** 净跨度 裂缝 配筋率 控制

中图分类号 :TU375.1

文献标识码 :A

文章编号 :1671 - 532X(2004)01 - 0069 - 03

近年来,随着人们生活水平的不断提高,城市居民的居住水平得到了很大的改善。在多层住宅中,砖混结构的应用越来越为普遍,钢筋混凝土圈梁是混合结构中常设结构构件之一,且多为现浇。当跨越门窗洞口时,往往兼作过梁,此种情况本文称作圈过梁。钢筋混凝土圈过梁的受力一般分为两种情况,一种是主要承受梁板荷载作用;另一种是仅承受上砌体自重的作用。对于前者,当荷载的作用足以使混凝土受拉边缘混凝土开裂时,其裂缝宽度可按混凝土结构设计规范(GB50010)来进行计算,对于后者,砌体自重的作用在混凝土中产生的拉应力,尤其考虑圈过梁与砌体的共同作用后,不足以导致混凝土开裂,这种情况下,裂缝的出现主要是混凝土收缩及温度作用的结果,本文结合某工程实例,探讨以混凝土收缩和温度作用为主要因素的钢筋混凝土圈过梁裂缝控制问题。

某五层住宅建筑系混合结构,主要为横墙承重,南侧设通长封闭阳台,外纵墙上窗口尺寸为 2.1m,门口尺寸为 0.8m。该建筑层高设计为 3m。门窗洞口顶部至上部楼面的距离为 0.6m。圈过梁尺寸设计为  $b \times h = 240\text{mm} \times 600\text{mm}$ ,内配 4 $\phi$ 12 钢筋,箍筋为  $\phi 6 @ 300$ 。施工历时近一年。交付使用后客户发现窗过梁大都存在裂缝。多为一条,个别出现 2 条。裂缝延伸至板底,沿梁高裂缝不大,开裂比较明显,有的裂缝较宽。经质检部门检测,混凝土被评为 C20。裂缝宽度为 0.1 - 0.32 不等。

## 1 裂缝计算

“混凝土结构设计规范”(GB50010)中给出了荷载作用下构件的裂缝宽度计算公式,也即通称为荷载裂缝的计算方法。以混凝土收缩和温度作用为主要考虑因素的裂缝计算方法尚无明确规定。本文依据文献<sup>[2]</sup>所介绍的方法与公式对此进行分析计算。

文献<sup>[2]</sup>中裂缝宽度的计算公式为:

$$\delta_f = 2\psi \frac{\alpha T}{\beta} \tanh\left(\beta \frac{L}{2}\right) \quad (1)$$

式中: $\psi$ ——经验系数,本文取为 0.3;

$\alpha$ ——混凝土的线膨胀系数,取为  $\alpha = 10 \times 10^{-6}$ ;

$T$ ——综合温差,为实测温差  $T'$  与当量  $\Delta T$  之和;

$\beta$ ——参数,  $\beta = \sqrt{C_x / HE\alpha(t)}$ ;

$C_x$ ——水平阻力系数;

$H$ ——构件厚度;

$E\alpha(t)$ ——混凝土  $t$  天时的弹性模量;

$E\alpha(t) = (1 - e^{-0.09t})E_{co}$ ;

$E_{co}$ ——混凝土弹性模量;

$L$ ——混凝土构件裂缝间距。

### 1.1 确定裂缝间距

文献<sup>[2]</sup>给出了最大和最小裂缝间距的计算公式,本文据平均裂缝间距公式分析,其具体计算公式为:

$$L_m = \frac{1.5}{\beta} \alpha \gamma \cosh \frac{|\alpha T|}{|\alpha T| - \epsilon_p(t)} \quad (2)$$

\* 收稿日期:2004 - 01 - 10

作者简介:成红山(1970 - ),男,江苏阜宁人,盐城众兴置业有限公司工程师。

式中  $\epsilon_p(t)$  为配筋混凝土  $t$  天时的极限拉伸,按  
下式计算:

$$\epsilon_p(t) = 0.5R_f(t)(1 + \rho/d) \times 10^{-4} \quad (3)$$

$$R_f(t) = 0.8R_{co}(1gt)^{2/3} \quad (4)$$

式中:  $R_{co}$ ——混凝土的抗拉强度设计值;

$\rho$ ——截面纵筋配筋率;

$d$ ——钢筋直径,单位为厘米

### 1.1.1 各参数的确定

试验表明,混凝土收缩变形早期发展较快,而早期强度低,温度影响也大,因此收缩裂缝往往出现较早。鉴于此种原因,本文在确定裂缝间距时,以 7d 时的混凝土特性来进行分析计算,即取  $t = 7$ 。

考虑砖砌体对混凝土收缩的阻碍作用,其水平阻力系数取为  $C_x = 100 \times 10^{-2} \text{ N/mm}^3$ 。

本例圈过梁截面尺寸为  $b \times h = 240\text{mm} \times 600\text{mm}$ ,内配 4 $\phi$ 12 钢筋,即  $H = 240\text{mm}$ ,  $\rho = 0.314\%$ ,  $d = 1.2$ ,  $\rho/d = 0.262\%$ 。

混凝土的强度等级为 C15,  $E_{co} = 2.2 \times 10^4 \text{ MPa}$ ,  $R_{co} = 0.9 \text{ MPa}$

$$\text{收缩当量温差 } \Delta t = \frac{\epsilon_y(t)}{\alpha}$$

式中:  $\epsilon_y(t)$  为计算期的收缩值

$$\epsilon_y(t) = \epsilon_y^0(1 - e - 0.01t) \sum_{i=1}^{10} M_i$$

$\epsilon_y^0$  为混凝土最终收缩性,标准状态下为  $3.24 \times 10^{-4}$

$M_i$  为各种非标准条件的修正系数,本文考虑所述工程系采用矿渣水泥,故  $M_i = 1.25$ ,施工时的环境湿度为 40%,故  $M_7 = 1.1$ ,其余均取为 1.0。

综合温差  $T = T' + \Delta T$

$T'$  为实测温度,本例取为  $10^\circ\text{C}$

将上述各有关数值代入相公式得各有关参数如下:

$$E_c(7) = 1.03 \times 10^4 \text{ MPa}$$

$$\beta(7) = \sqrt{C_x/H E_c(t)} = 6.36 \times 10^{-4}$$

$$\epsilon_p(7) = 3.0 \times 10^{-4}$$

$$\Delta T = 3^\circ\text{C} \quad T = 10 + 3 = 13^\circ\text{C}$$

$$\epsilon_p(t) = 0.5R_f(t)(1 + \rho/d) \times 10^{-4} = 0.4 \times 10^{-4}$$

### 1.1.2 裂缝间距计算

将各参数代入式(2),得本例所述构件裂缝间距为

$$L_m = \frac{1.5}{\beta} \alpha \gamma \cosh \frac{|\alpha T|}{|\alpha T| - \epsilon_p(t)}$$

$$= 2100\text{mm} = 2.1\text{m}$$

### 1.2 裂缝宽度计算

如前所述,收缩裂缝往往在早期即已出现,随着时间的推移,收缩的进一步发展和温差的进一步作用,裂缝宽度会进一步增加,因此本例裂缝宽度按建筑物交付使用所经历的时间进行计算,即取  $t = 300\text{d}$ 。

重新计算后得各参数如下:

$$E_c(300) = E_{co}$$

$$\beta(300) = 4.35 \times 10^{-4}$$

$$\epsilon_p(300) = 1.23 \times 10^{-4}$$

$$T' = 15^\circ\text{C} \quad \Delta T = 42.3^\circ\text{C} \quad T = 57.3^\circ\text{C}$$

代入式(1)后得:

$$\delta_f = 2\Psi \frac{\alpha T}{\beta} \tanh(\beta \frac{L}{2}) = 0.33\text{mm}$$

### 1.3 荷载作用的影响

过梁除承受其上砌体传来的荷载外,有的还要承受支承其上的梁板传来的荷载,当梁或板传来荷载为主要荷载时,其裂缝宽度可依据“混凝土结构设计规范”来进行分析计算,本文只讨论仅承受砌体自重的过梁。设外荷载在开裂混凝土截面产生的应变为  $\epsilon_i$ ,则计算期抵御混凝土收缩和温度作用的极限拉应变为:  $\epsilon_p(t) - \epsilon_i = \eta \epsilon_p(t)$

此时,裂缝间距的计算公式相应变为:

$$L_m = \frac{1.5}{\beta} \alpha \gamma \cosh \frac{|\alpha T|}{|\alpha T| - \eta \epsilon_p(t)} \quad (5)$$

由式(5)可知,其  $\eta$  越小,即  $\epsilon_i$  所占的比例越大,裂缝间距就越小,本例过梁上墙高 900mm,墙厚 240mm,梁净跨度 2.4m,代入式(5)得:

$$L_m = \frac{1.5}{\beta} \alpha \gamma \cosh \frac{|\alpha T|}{|\alpha T| - \eta \epsilon_p(t)}$$

$$= \frac{1.5}{6.36 \times 10^{-4}} \alpha \gamma \cosh(1.2745)$$

$$= 1710\text{mm} = 1.71\text{m}$$

将  $L_m$  代入式(1)得:  $\delta_{fm} = 0.2834\text{mm}$

实测裂缝 0.1 ~ 0.32mm,实测裂缝间距或裂缝至远端支座的距离为 1.2 ~ 2.0m。实测结果与理论分析结果接近,这进一步说明本例圈过梁的开裂的主要系收缩及温度作用所致。

该建筑外纵墙上的圈过梁,系以承受其上砌体自重为主。经分析,梁上作用在混凝土中产生的拉应力远小于其混凝土的抗拉强度。显然混凝土开裂主要是混凝土收缩及温度作用所致。

## 2 裂缝控制措施

对本文所述连续式现浇钢筋混凝土圈过梁而言,应该讲混凝土的开裂一般不会降低构件的承载能力,但裂缝过宽会使用户产生“裂缝恐惧”心理,有的会影响构件的耐久性和正常使用性能。因此在工程实践中,应适当加以控制。可以说凡能减少混凝土收缩的各项措施,都是有效的。例如,合理选择水泥品种,适量掺加粉煤灰、减少水泥用量,降低水灰比,保证养护质量,适当延长养护时间和拆模时间等。除此以外,尽量降低温差减少温度变形。从构造而言,适当增加配筋率和采用较小直径钢筋,也可起到控制裂缝的作用。由式(2)可知温差或收缩相对变形 $|\alpha T|$ 与混凝土的极限变形差别越大则裂缝间距越小,差别越小则裂缝间距越大。当 $\epsilon_p$ 趋近于 $|\alpha T|$ 时,则混凝土不会开裂。也就是说,当计算所得裂缝间距超过构件的长度或构件支座之间距离时,裂缝就不会出现。这就需要一方面尽量降低综合温差,另一方面提高混凝土极限拉伸变形。

由式(3)可见,提高混凝土的强度等级即提高混凝土的抗拉强度,可提高混凝土的极限拉伸变形,提高构件纵筋配筋率,使用较小直径钢筋即提高构件配筋率与钢筋直径之比 $\rho/d$ (以下简称率径比),也可提高混凝土的极限拉伸变形。图1给出了裂缝间距 $L_m$ (7)与率径比之间的关系。

常遇圈过梁的率径比为0.4~0.9,就一般民用建筑尤其是住宅建筑中的洞口尺寸而言,这一率径比能满足控制裂缝要求。但象本例中,当某种原因,欲增大截面尺寸时,就应单从承载能力方面考虑构件配筋,尚需注意不应因截面配筋过低而导致构件早期开裂,而产生过宽的裂缝。此时,

可依据过梁净跨度利用的关系,确定构件的最低配筋,以达到控制裂缝的目的。

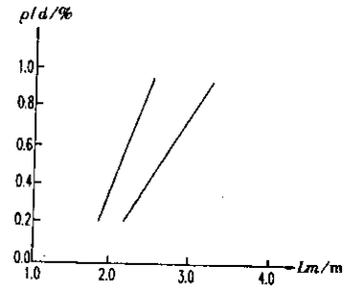


图 1  $\rho/d \sim L_m$ (m)关系曲线

Fig. 1 the relation curve of  $\rho/d \sim L_m$ (m)

## 3 结语

(1)对本文所举工程实例,理论分析结果与实测结果基本相符,说明本例工程中圈过梁的开裂主要系混凝土的收缩及温度作用所致。

(2)分析知,对连续式现圈过梁来讲,处理不当,混凝土早期即公开裂,因此提高时期养护质量,尽量降低温差等,对控制裂缝是非常有益的。

(3)本文通过理论分析建立了裂缝间距与率径比之间的关系,适当选择率径比,使裂缝间距计算值超过圈过梁的跨度,可达到控制裂缝的目的。

(4)提高混凝土强度等级,增大配筋率,采用较小直径的钢筋,可有效控制裂缝。因此象本文所分析的构件,不应单纯依据承载能力要求确定构件配筋,还应从控制裂缝的目的出发,依据过梁跨度计算构件的最低率径比,从而确定其最低配筋率。

(5)就整体而言,连续式现浇圈过梁作为结构中的一部分,在其中受力是比较复杂的。综合考虑其受力特点控制混凝土裂缝的问题还有待进一步研究。

## 参考文献:

- [1] GB50010-2002. 混凝土结构设计规范[S].
- [2] 建筑物的裂缝控制[M]. 上海:上海科技出版社,1987.
- [3] 关于混凝土结构裂缝问题的思考[J]. 潘立. 工业建筑, 2000(5):29-32.

# How to Control the crack of Steel Reinforce Concrete Beam

Cheng Hong-shan

(Yancheng Zhong xing Constructing CO. Ltd., Jianguo Yancheng 224003, China)

**Abstract** Based on real projects, the problem of crack caused by the shrinkage of steel reinforced concrete beam is probed. The relation between steel percent and distance of crack-to-crack is analyzed. The methods of controlling the crack of beam are presented.

**Keywords** 混凝土收缩; steel percent; control