doi:10.16018/j.cnki.cn32 - 1650/n.201504016

TRC 薄板加固 RC 梁受弯粘结界面应力分析

支正东,柏 蕾,王 涛,赵 鑫

(盐城工学院 土木工程学院,江苏 盐城 224051)

摘要:对TRC 薄板加固 RC 梁粘结界面应力状态进行了理论分析,得出结论:粘结界面上存在剪 应力,该剪应力大小与截面上弯矩成正比,并且和加固层与原混凝土梁之间的弹性模量比相关; 提出改善加固梁破坏形态、提高加固效果的措施。

关键词:织物增强混凝土;加固;钢筋混凝土梁;植筋

中图分类号:TU375.1 文献标识码:A 文章编号:1671-5322(2015)04-0071-03

TRC 薄板加固技术^[1-3]因采用高性能砂浆代 替以往纤维加固中所用有机结构胶,使得加固层 与被加固构件基材之间有较好的相容性、协调性 及相互渗透性;另外,由于纤维织物不存在锈蚀问 题,不需要设置较厚的保护层,加固层可以做得很 薄,有效地限制了加固后结构自重和截面尺寸的 增加,具有较好的工程应用前景。

文献[2] 对采用碳纤维织物网增强细骨料混 凝土薄板加固 RC 梁的受弯性能进行了试验研 究,发现加固层中铺设的织物网层数达到 3 层及 以上(加固后承载力提高 16% 以上)时,试件的破 坏形态为跨中加固层与原混凝土梁底的粘结界面 局部脱粘。因此,如果采取措施使得加固梁在受 弯过程中跨中不出现局部脱粘,将会有效改善加 固效果。

本文对 TRC 薄板加固 RC 梁粘结界面应力状态进行了理论分析,并提出改善加固效果的措施。

1 粘结界面应力分析

本文的分析基于加固层与原混凝土梁底粘结 界面未出现粘结破坏的情况。

1.1 中性轴位置的确定

设加固梁中性轴距离加固层顶面上方 y_e ,如图 1 所示。



基金资助:住房和城乡建设部科技项目(2013 - K4 - 42;2013 - K4 - 41;2013 - K7 - 4);江苏省产学研联合创新项目(BY2013057 - 05)

作者简介:支正东(1974-),男,江苏盐城人,副教授,硕士,主要研究方向为钢筋混凝土结构理论与应用。



图 1 加固梁截面 Fig. 1 Reinforcement beam section

由纯受弯梁轴力为0得

$$F_N = \int_A \sigma_x dA = \int_{A_1} \sigma_{x1} dA + \int_{A_2} \sigma_{x2} dA = 0 \quad (1)$$

式中: σ_{x1} 、 σ_{x2} 分别为原混凝土梁和加固层 x 轴方向的应力;

 A_1 、 A_2 分别为跨中(见图 2)原混凝土梁和加固层的截面面积;



Fig. 2 Specimen size (mm)

由胡克定律得

$$\sigma_{x1} = E_1 \frac{y}{\rho}$$

$$\sigma_{x2} = E_2 \frac{y}{\rho}$$
 (2)

式中: E_1 、 E_2 分别为原混凝土梁和加固层的 弹性模量,其中 E_1 =30 GPa, E_2 =231 GPa;

 ρ 为加固梁的曲率半径;

将式(2)代入式(1)得

$$F_{N} = \frac{E_{1}}{\rho} \int_{A_{1}} y dA + \frac{E_{2}}{\rho} \int_{A_{2}} y dA = \frac{E_{1}S_{z1}}{\rho} + \frac{E_{2}S_{z2}}{\rho} = 0$$

得

$$E_1 S_{z1} + E_2 S_{z2} = 0 \tag{3}$$

式中:S₂₁、S₂₂分别为原混凝土梁和加固层截 面对加固梁中性轴的静矩;

$$S_{z1} = \int_{A_1} y dA = y_{c1}A_1 = (\frac{h_1}{2} - y_c)bh_1 \quad (4)$$

$$S_{z2} = \int_{A_2} y dA = -y_{c2}A_2 = -\left(\frac{n_2}{2} + y_c\right)bh_2 \quad (5)$$

式中:*y_{et}、y_{e2}*分别为原混凝土梁和加固层截 面形心到加固梁中性轴的距离。

联立式(3)、(4)、(5)可以解得

$$y_c = \frac{E_1 h_1^2 - E_2 h_2^2}{2(E_1 h_1 + E_2 h_2)}$$
 (6)

1.2 梁跨中截面正应力计算

$$M_{Z} = \int_{A} y \sigma_{x} dA = \int_{A_{1}} y \sigma_{x1} dA + \int_{A_{2}} y \sigma_{x2} dA \quad (7)$$

将式(2)代入式(7)得

$$M_{Z} = \frac{1}{\rho} E_{1} \int_{A_{1}} y^{2} dA + \frac{1}{\rho} E_{2} \int_{A_{2}} y^{2} dA = \frac{1}{\rho} E_{1} I_{1} + \frac{1}{\rho} E_{2} I_{2}$$

即

$$\frac{1}{\rho} = M_Z / (E_1 I_1 + E_2 I_2) \tag{8}$$

式中 I_1 、 I_2 分别为原混凝土梁和加固层截面的惯性矩;

将式(8)代入式(2)得

$$\sigma_{x1} = E_1 \frac{M_Z y}{E_1 I_1 + E_2 I_2}$$

$$\sigma_{x2} = E_2 \frac{M_Z y}{E_1 I_1 + E_2 I_2}$$
(9)

1.3 梁跨中正应力分布

TRC 薄板加固技术通常采用弹性模量相对 较高的纤维织物作为加固层增强筋。由于加固层 的弹性模量比原混凝土梁的弹性模量大得多,因 此设 $E_2 = nE_1, h_1 = 10h_2, 并代入式(6)和(9)得到$ 跨中截面的正应力分布情况, 如图 3 所示。



Fig. 3 Reinforcement beam section stress distribution

1.4 跨中粘结界面剪应力

在加固梁跨中粘结界面处取微元体,见图4。



图 4 微元体应力分布 Fig. 4 Infinitesimal stress distribution

由图4得

$$F_1 = \sigma_1 dA \qquad F_2 = \sigma_2 dA$$

$$\tau = \frac{|F_2 - F_1|}{dB} = \frac{dA}{dB} |\sigma_2 - \sigma_1|$$

Ŷ

$$\eta = \frac{\mathrm{d}A}{\mathrm{d}B}, \, \emptyset \, \tau = \eta \mid \sigma_2 - \sigma_1 \mid \qquad (10)$$

将图2中数据代入得

$$\tau = \eta \left| \frac{606n - 6n^2 - 600}{10\ 000\ + 1\ 010n\ + n^2} \right| \frac{M_z}{hh_z}$$

$$\zeta = \left| \frac{606n - 6n^2 - 600}{10\ 000\ + 1\ 010n\ + n^2} \right|, \qquad \forall \tau = \eta \zeta \frac{M_z}{bh_2^2}$$
(11)

 ζ 与n的关系曲线如图5所示。



由图 5 可知,曲线 ζ 的零点为 1 和 100 且 *n* 取值大于 100 时,ζ 的变化趋于平缓。

根据上文分析,一般情况下,加固梁跨中加固 层与原混凝土梁的粘结界面上存在剪应力,并且 该剪应力与加固梁跨中截面上的弯矩成正比。当 加固梁跨中弯矩达到一定数值、粘结界面上的剪 应力大于界面粘结抗剪强度时,跨中粘结界面上 便出现水平方向的剥离裂缝。

2 结论与建议

TRC 加固 RC 梁受弯时,一般情况下,加固层 与原混凝土梁的粘结界面上存在剪应力,该剪应力 和加固层与原混凝土梁的弹性模量比相关,且与截 面上弯矩成正比。为了改善加固梁的破坏形态,提 高加固效果,建议加固前在梁底跨中一定范围内先 作植筋处理,然后再进行加固,如图6所示。



Fig. 6 Planting bar scheme

参考文献:

- XU S L, SHEN L H, WANG J Y, et al. High temperature mechanical performance and micro interfacial adhesive failure of textile reinforced concrete thin plate [J]. Journal of Zhejiang University Science A (Applied Physics & Engineering), 2014,15(1):31-38.
- [2] 荀勇,支正东,张勤. 织物增强混凝土薄板加固钢筋混凝土梁受弯性能试验研究[J]. 建筑结构学报,2010,31(3):70 -76.
- [3] 荀勇,尹红宇,肖保辉. 织物增强混凝土加固 RC 梁的斜截面抗剪承载力试验研究[J]. 土木工程学报,2012,45(5): 58-64.

Stress Analysis of Flexural Bonding Interface of Reinforced Concrete Beams Strengthened with Textile Reinforced Concrete Sheets

ZHI Zhengdong, BAI Lei, WANG Tao, ZHAO Xin

(School of Civil Engineering, Yancheng Institute of Technology, Yancheng Jiangsu 224051, China)

Abstract: Flexural bonding interface stress theoretical analysis of reinforced concrete beams strengthened with textile reinforced concrete sheets. The results show that: Exists on the shear stress in the bonding interface, and is proportional to the section on bending moment, and is related to elastic modulus ratio between the reinforced concrete sheets and the old concrete Beams; Propose measures to improve reinforcement beams failure modes and the reinforcing effect.

Keywords: Textile reinforced concrete; strengthening; Reinforced concrete beam; planting bar