

文章编号:1671-6833(2013)02-0076-04

# 框架梁负弯矩区粘钢加固锚固方法试验研究

赵更歧, 余刚

(郑州大学 土木工程学院, 河南 郑州 450001)

**摘要:**为研究 L 型钢板在转角处不同锚固措施以及柱上箍板下边缘距梁顶不同距离时对梁端负弯矩区的加固效果,设计制作了三榀 H 型框架梁,对 2 个梁端配筋不足的梁采用 4 种不同的锚固方法进行粘钢加固,并将加固梁与全配筋的对比梁进行对比,分析了在静载作用下采用 4 种不同锚固方式粘钢加固的梁端负弯矩区的受拉钢筋应变、钢板应变以及跨中挠度的发展规律.试验结果表明,钢板转角处的刚度和梁、柱在转角处箍板的锚固强度是影响锚固效果的主要因素,增强钢板转角处的刚度能更好地发挥钢板的能力,实际加固效果也更能接近设计要求.

**关键词:**粘钢加固;钢筋混凝土框架;负弯矩区;锚固方法

**中图分类号:** TU375.1

**文献标志码:** A

**doi:**10.3969/j.issn.1671-6833.2013.02.020

## 0 引言

在实际工程中,由于设计缺陷或者建筑物功能发生改变等原因而导致框架梁负弯矩区配筋不足的情况经常发生.在对这些结构及构件进行加固处理的方法当中,粘贴钢板加固法由于其众多的优点而经常被采用<sup>[1-3]</sup>.对此类承载力不足问题的处理可以采用在梁负弯矩受拉区粘贴钢板的方法对框架梁进行加固<sup>[4-6]</sup>.《混凝土结构加固设计规范》GB 50367—2006<sup>[7]</sup>亦给出了处理此类问题的方法,该方法是在梁端顶部粘贴 L 型钢板,用 U 型箍板及锚栓将 L 型钢板固定于梁及柱上,并对钢板在梁及柱上的延伸长度和锚栓的等级和数量做出了规定,但该锚固方法对于 U 型箍板在梁及柱的定位问题未做出明确的规定. L 型钢板受力时,在梁柱的转角部位稍有变形,则所粘钢板就不能发挥其作用.为了找到行之有效的锚固方法来提高对所粘钢板的锚固能力,笔者对梁端负弯矩区抗弯不足的情况采用粘贴钢板进行加固,并采用 4 种不同的锚固方法进行试验研究.

## 1 试验方案和试件设计

### 1.1 试验方案

对三榀 H 型钢钢筋混凝土框架的梁端负弯矩区采取不同的锚固方法进行粘贴 L 形钢板加固,

在梁端框架柱承受相同竖向力的条件下对框架梁采取三分点加载,研究在每一种锚固方法下钢板的受力情况.

### 1.2 试件设计

为了便于比较,制作了三榀框架试件.梁柱截面设计尺寸均相同,混凝土均采用 C35 商品混凝土,主要考虑以下几点:①加固在无负荷情况下进行,不考虑二次受力影响;②主要研究梁端负弯矩不足的加固,跨中及抗剪设计较强,保证在梁端负弯矩区首先出现抗弯承载力不足的破坏;③对比梁全配筋,加固梁配筋较小,不足部分按照等强代换,采用粘贴钢板予以弥补.具体试件尺寸及参数见表 1.

加固钢板在梁、柱转角处呈 L 型,向梁端延伸 800 mm,向柱上端延伸 250 mm,在梁、柱延伸段钢板上分别设三道和一道 3 mm × 80 mm 的 U 形箍板,用直径为 10 mm 的螺杆锚入梁柱中.锚固方法一(节点 3):在 L 型钢板转角处加焊 L50 mm × 5 mm 等边角钢,通过增加转角处的厚度来增大转角刚度;锚固方法二(节点 4):在 L 型钢板在转角处加焊 2 块 80 mm × 60 mm × 10 mm 的三角形加劲肋钢板,通过肋板来增大转角处的刚度;锚固方法三(节点 5):柱上箍板下边缘距梁顶 30 mm,基本不增大转角刚度;锚固方法四(节点 6):柱上箍板下边缘紧贴梁顶面,由箍板来抵御转角

收稿日期:2012-12-18;修订日期:2013-02-05

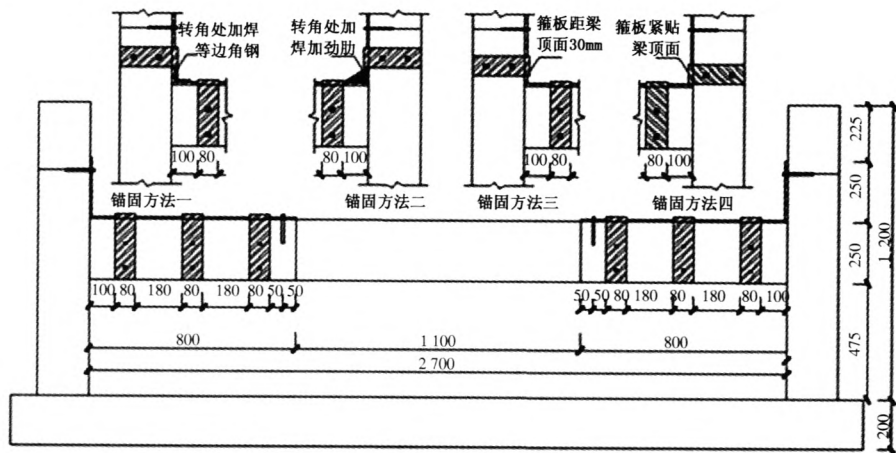
通信作者:赵更歧(1970-),男,河南南阳人,郑州大学教授,博士,主要从事结构工程方面的研究,E-mail:zhaogengqi@zzu.edu.cn.

的翘曲,间接增大转角刚度.如图1所示.

表 1 试件尺寸及参数

**Tab.1 Design of the test RC beam-column frame**

试件编号		截面尺寸/mm <sup>2</sup>	纵筋	箍筋	加固钢板	备注(截面)
对比梁 I	节点 1	b × h = 150 × 250	上 2 $\Phi$ 18 下 2 $\Phi$ 18	$\phi$ 6@ 80	无	
	节点 2	b × h = 150 × 250	上 2 $\Phi$ 18 下 2 $\Phi$ 18	$\phi$ 6@ 80	无	
加固梁 II	节点 3	b × h = 150 × 250	上 2 $\Phi$ 12 下 2 $\Phi$ 18	$\phi$ 6@ 80	上部 - 3 × 150 钢板转角处加 焊 L50 mm × 5 mm 等边角钢	锚固方法一
	节点 4	b × h = 150 × 250	上 2 $\Phi$ 12 下 2 $\Phi$ 18	$\phi$ 6@ 80	上部 - 3 × 150 转角处加焊两块 三角形加劲 肋钢板	锚固方法二
加固梁 III	节点 5	b × h = 150 × 250	上 2 $\Phi$ 12 下 2 $\Phi$ 18	$\phi$ 6@ 80	上部 - 3 × 150 柱上箍板下边 缘距梁顶 30 mm	锚固方法三
	节点 6	b × h = 150 × 250	上 2 $\Phi$ 12 下 2 $\Phi$ 18	$\phi$ 6@ 80	上部 - 3 × 150 柱上箍板下边 缘紧贴梁顶面	锚固方法四
框架柱		b × h = 200 × 200	4 $\Phi$ 20	$\phi$ 6@ 80		
底部台座		b × h = 300 × 200	4 $\Phi$ 12	$\phi$ 6@ 150		



**图1 各节点锚固方法**

**Fig. 1 Anchoring methods of each joint**

### 1.3 测点布置及量测方法

在框架梁端纵筋和跨中截面的纵筋处,以及梁柱交界处梁端混凝土侧表面和钢板上粘贴应变片,以此来测量在各级荷载作用下各测点处的应变;在框架梁端底部以及梁的跨中布置位移计以测量各级荷载作用下的挠度。

#### 1.4 试验加载装置

本试验为静力加载试验,采用如图 2 所示的静力加载装置.首先用同步钢在两个柱子上施加 200 kN 的恒定压力,在框架梁上的静力加载采用

三分点加载的方式,观察并及时画出梁上出现的裂缝,记录在每级荷载作用下的数据,观察每级荷载下梁上裂缝的变化,以及粘贴在节点处的钢板和粘钢胶的变化,直至试件完全破坏为止。

## 2 试验现象及结果

## 2.1 试验现象

3个试验梁均在荷载为30 kN时出现裂缝,对比梁中的梁端负弯矩区的纵向受拉钢筋分别在荷载大小为150 kN和180 kN时达到屈服应变和

极限拉应变. 加固梁Ⅱ的节点3处梁端负弯矩区的纵向受拉钢筋在荷载为110 kN和145 kN时达到屈服应变和极限拉应变;节点4处的梁端纵向受拉钢筋在达到屈服应变和极限拉应变时的荷载大小分别为145 kN和170 kN. 加固梁Ⅲ中节点5处的梁端负弯矩区纵向受拉钢筋在荷载大小为90 kN和130 kN时达到屈服应变和极限拉应变;节点6处的梁端负弯矩区纵向受拉钢筋在达到屈服应变和极限拉应变时的荷载大小分别为110 kN和150 kN. 加固梁Ⅱ和加固梁Ⅲ上粘贴的钢板均在梁开裂后与梁顶面持续发生剥离直至试件破坏.

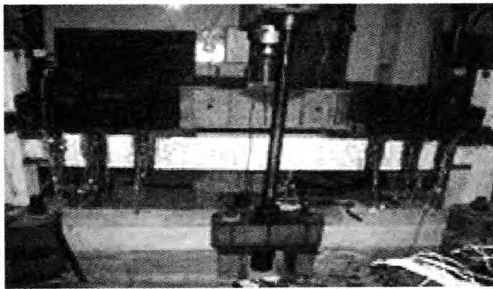


图2 加载装置图  
Fig.2 Loading devices

2.2 试验特征值

为了便于比较,取以下几个特征值进行比较,如表2所示,其中,屈服荷载指梁端纵向受拉钢筋达到屈服时的试验荷载,极限承载力以梁端纵向受拉钢筋达到极限拉应变时的荷载为依据,挠度为试件破坏时梁跨中的挠度.

表2 试件的特征荷载					
Tab.2 Characteristic loads of frame					
试件		开裂 荷载/kN	屈服 荷载/kN	极限 荷载/kN	挠度 /cm
对比	节点1	30	150	180	1.654
梁Ⅰ	节点2	30	150	180	
加固	节点3	30	110	145	1.965
梁Ⅱ	节点4	30	145	170	
加固	节点5	30	90	130	2.802 5
梁Ⅲ	节点6	30	110	150	

3 试验现象分析

3.1 开裂荷载

三根梁的开裂荷载均为30 kN,说明梁开裂荷载的大小主要由混凝土的截面尺寸及混凝土的强度等级决定,配筋对钢筋混凝土构件的开裂荷载影响不大,这与规范规定一致.

3.2 屈服荷载

取梁柱转角处钢筋和钢板的荷载—应变曲线,如图3所示.比较钢筋达到屈服时相同部位钢板的应变(应力)大小可以看出,在梁端受拉钢筋达到屈服应变时,节点4处的钢板应变值最大,节点3和节点5次之,节点6处的钢板应变最小.由此可以判断钢板在锚固方法二下更能发挥作用.从表2及图3中屈服荷载的大小上,可以看出不论哪种加固方法,加固梁的屈服荷载都比对比梁Ⅰ的屈服荷载小,所以在加固设计时应该考虑对钢板利用值的折减(与规范规定一致).

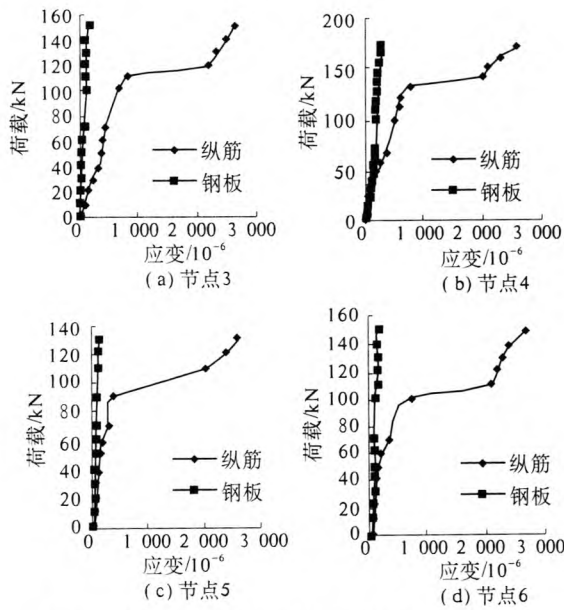


图3 转角处L形钢板及钢筋荷载—应变曲线  
Fig.3 The load-stress curve of L shape steel plate and reinforced in the corner

3.3 极限承载力

由表2及图3所示梁柱转角处钢筋和钢板的荷载—应变曲线.比较4种锚固方法下钢筋达到极限应变时的荷载大小可以看出:在锚固方法二下的荷载值最大,采用锚固方法一和锚固方法四时次之,锚固方法三下荷载值最小.从钢筋达到极限应变时相同部位钢板的应变(应力)大小可以看出:在梁端受拉钢筋达到极限拉应变时,节点4上的钢板应变值是4个梁端所粘贴钢板中最大的,由此可以判断出钢板在锚固方法二下更能发挥作用,说明这种锚固方法比其他3种方法更好.同时,从加固梁Ⅱ和加固梁Ⅲ中各梁端负弯矩区纵向受拉钢筋极限承载力的大小上,可以看出不论哪种加固方法,都比对比梁Ⅰ的极限承载力小,所以在加固设计时应该考虑钢板利用值的折减.

### 3.4 挠度

图4为三根梁跨中的荷载—挠度曲线,由图中可以看出:在同级荷载下,对比梁I的跨中挠度最小,而在被加固的两个梁中,加固梁II的跨中挠度较加固梁III小,说明在同级荷载下,锚固方法一和锚固方法二比其它2种锚固方法的效果好。

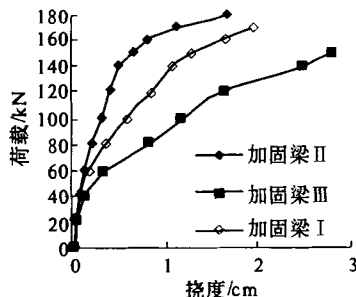


图4 梁I、II、III跨中荷载—挠度曲线

Fig.4 The load-deflection curve of I、II、III beam

## 4 结论

(1)2个加固梁的承载力均对比梁小,说明在采用粘贴钢板加固框架梁负弯矩区钢筋不足后仍不能达到对比梁的效果,这与加固规范中对粘钢加固需考虑钢板利用值的折减的要求是一致的。

(2)加固梁II中的锚固方法四钢板的应力(应变)为4种锚固方法中最大.说明这种锚固方法可以使钢板更有效地发挥其抗拉能力,提高对钢板的利用值,从而提高框架梁的承载力。

(3)在采用粘贴钢板的方法加固梁端负弯矩

区时,柱上箍板距梁顶面的距离越小,锚固效果越好.建议加固规范中对柱上箍板距梁顶的距离有所规定,尽可能使柱上箍板贴近梁顶,从而发挥钢板的作用,增强锚固能力。

(4)总之,为了增强粘贴L形钢板的加固效果,提高钢板的利用值,要增加钢板在转角处的刚度,并尽可能使转角处的变形最小。

## 参考文献:

- [1] 中华人民共和国建设部. GB 50010—2002, 混凝土结构设计规范[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2002.
- [2] 高轩能, 周期源, 陈明华. 粘钢加固RC梁承载性能的理论 and 试验研究[J]. 土木工程学报, 2006, 39(8): 38-44.
- [3] 刘卫东, 杨伟波, 苏海华, 等. 钢筋混凝土梁受弯加固对比试验研究[J]. 建筑结构学报, 2008, 29(增刊): 138-141.
- [4] 谢丽丽, 余术刚, 刘立新, 等. 铆粘钢板加固钢筋混凝土梁的抗弯性能试验研究[J]. 郑州大学学报: 工学版, 2008, 29(2): 31-34.
- [5] 赵更歧, 李可, 张龙. 高铁用HRBF500钢筋混凝土梁疲劳性能的数值分析[J]. 郑州大学学报: 工学版, 2010, 31(6): 9-13.
- [6] 李凯文. 续建工程新旧混凝土框架节点粘钢和碳纤维加固方案比选[J]. 工业建筑, 2012, 42(3): 147-163.
- [7] 中华人民共和国建设部. GB 50367—2006, 混凝土结构加固设计规范[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2006.

## Experimental Study of Anchoring Methods on Negative Moment Area of RC Beam Strengthened by Gluing Steel Plates

ZHAO Geng-qi, YU Gang

(School of Civil Engineering, Zhengzhou University, Zhengzhou 450001, China)

**Abstract:** Based on the results of the static loading test on the four RC Beam-column's Joints Strengthened by gluing steel plates and the two RC Beam-column's Joints without being strengthened by gluing steel Plates, the strain of the tensile steel and the strain of steel plates in the negative moment region of the girder ends and the deflection of midspan with four different kinds of anchoring methods under the action of the static load are analyzed. The results show that the corner stiffness of the steel plate and beams and the strength of the Hoop board in the corner of columns are the main factors leading to different anchor effect in the test, and increasing the corner stiffness of the steel plate can fulfill to the ability of the steel plate better, and the actual reinforcement effect can also better satisfy the design requirement of reinforcement effect.

**Key words:** strengthening by externally bonded steel plate; reinforced concrete frame; negative moment area; anchoring method