

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2013.04.010

无粘结预应力 CFRP 板加固 RC 梁预应力损失研究*

闫松,王兴国

(河南理工大学土木工程学院,河南焦作 454003)

摘要:先对碳纤维增强聚合物(CFRP)薄板施加预应力,然后再将其锚固于已受荷载的混凝土梁上,测试了 CFRP 板中应变变化,研究了预应力施加完成至实验梁单调加载前的预应力损失情况,并采用对数函数进行了拟合,公式的拟合结果与试验值吻合较好。结果表明,实验梁加载后,CFRP 板中应变增量基本一致,可认为在加载过程中体外片材各处应变基本相等。

关键词:混凝土梁;预应力;CFRP 板;预应力损失

中图分类号: TQ320.66 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2013)04-0040-03

Prestress Loss Study on RC Beams Strengthened with Unbonded CFRP Laminate

Yan Song, Wang Xingguo

(School of Civil Engineering, Henan Polytechnic University, Jiaozuo 454003, China)

Abstract: Carbon fiber reinforced polymer (CFRP) sheet was prestressed first, then anchored in a load of concrete beams. Strain changes of CFRP plate was tested, and prestress loss between prestress construction and RC beam monotonic loading was studied. Logarithmic function was used to fit the prestress loss value. The predicted results are in good agreement with the measured values. The results show that after the experimental beam is loaded, strain increment of CFRP laminate is consistent and equivalent. It can be considered in the process of loading sheet strain is equal everywhere.

Keywords: rc beam; prestressing; CFRP laminate; prestress loss

由于环境及使用年限等因素,很多混凝土(RC)桥梁结构出现了劣损,应及时进行维修加固。近年开展的外贴纤维增强聚合物(FRP)片材加固 RC 桥梁可改善桥梁性能,但这种方式易发生 FRP 片材端部剥离^[1-4],对 FRP 施加预应力加固 RC 梁^[5-7],可弥补上述不足,笔者对无粘接预应力碳纤维增强聚合物(CFRP)薄板加固混凝土梁进行了实验研究。

1 试验设计

1.1 模型梁设计

试验梁为一简支铁路桥等效 1/3 模型,截面尺寸 300 mm × 600 mm,梁长 6.2 m;混凝土强度设计为 C30,受力主筋为 4 根直径为 25 mm HRB 钢筋,架立筋为 2 根直径为 10 mm HPB 钢筋,箍筋为直径 8 mm 的 HPB 钢筋,间距 100 mm;加固材料为厚 2.4 mm,宽 60 mm 的 CFRP 板。试验梁 P₁, P₂ 均为无粘结预应力 CFRP 板加固,不过, P₂ 在加固前已承受初载且部分卸除荷载(0 → 0.7M_{y0} → 0.4M_{y0}, M_{y0} 即为未加固 RC 梁力筋屈服时荷载值)。

1.2 加载制度和数据测试

为了考察补强加固梁的力学特性,采取四点弯

加载方式。通过螺旋式千斤顶和反力架来进行加载,加载过程中记录不同荷载情况下的应变情况。

2 试验内容

2.1 无初载预应力 CFRP 板加固梁 P₁

采用前节预应力施加工艺,对试验梁施加预应力,此时未采用胶粘剂,即为无粘结预应力 CFRP 板加固混凝土大比例梁。预应力施加至 168 kN 时,试验梁跨中出现了 1 条细小裂缝,继续逐级施加预应力至预定值(181 kN)。碳板长 5 m,碳板上应变片布置如图 1 所示。

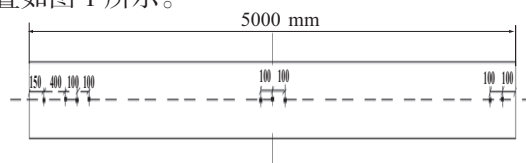


图 1 碳板上应变片布置

预应力施加完毕,静置约 18 h 观测碳板中预应

* 河南省重点科技计划项目(082102240009)、河南理工大学博士基金项目(648258)

联系人:王兴国,副教授,主要从事工程结构加固研究

收稿日期:2013-02-08

力分布,见图 2。由于碳板张拉端有弧形板,产生了摩擦损失,使张拉端应变较跨中略大。图 3 为跨中碳板预应变随时间的变化与拟合曲线。

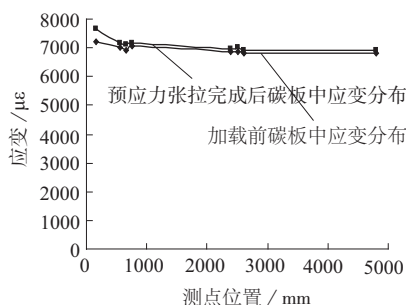


图 2 碳板预应变分布

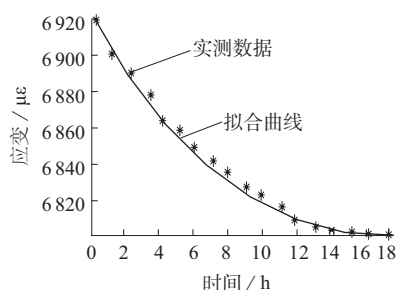


图 3 跨中碳板预应变随时间的变化与拟合曲线

采用对数函数对碳纤维板的预应力损失结果进行拟合 (拟合误差 $R^2=0.9974$), 函数形式为:

$$f(x)=7000-50.14 \times \ln(2.774x+3.262) \quad (1)$$

静置一段时间后开始单调加载,在加载至 150 kN 过程中跨中出现裂缝,此时,预加应力反拱时出现的裂缝已基本闭合;试验梁加载至 400 kN 时,张拉端弧板处碳丝出现部分断裂;加载至 440 kN 时,锚固端前局部受压混凝土已起皱,见图 4。



图 4 锚固端混凝土压酥

在加载至 475 kN 过程中,受力钢筋开始屈服。加载段片材应变增量变化见图 5 所示。

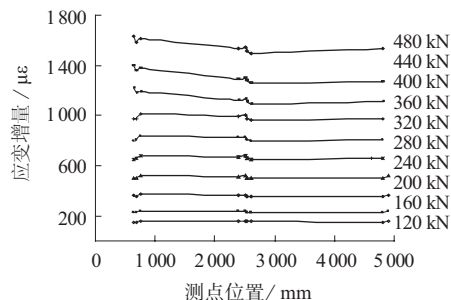


图 5 加载段片材应变增量变化

考虑片材两端应力集中和应变片的布置等,可认为加载过程体外片材各处应变基本相等。

2.2 部分卸载后预应力 CFRP 板加固梁 P_2

该试验梁重点考察部分卸载情况下的无粘结预应力片材加固梁的力学性能。故先对该试验梁逐级加载至 250 kN (约 $0.7 M_{y0}$),然后再逐级卸载至 140 kN (约 $0.4 M_{y0}$) 并维持荷载,继而进行预应力加固。预应力施加完毕至加载之间约 4 h 测试片材预应力损失,见图 6。采用对数函数进行拟合 (拟合误差 $R^2=0.952$), 函数形式为:

$$f(x)=6550-14.585 \times \ln(54.74x+6.52) \quad (2)$$

然后逐级加载,从 450 kN 加载至 490 kN 过程中受力钢筋屈服,然后继续加载至破坏,破坏形态为跨中混凝土压碎。试验梁加载过程中片材的应变增量见图 7,考虑片材两端应力集中和应变片的布置等情况,可认为在加载过程中体外片材应变基本处处相等。

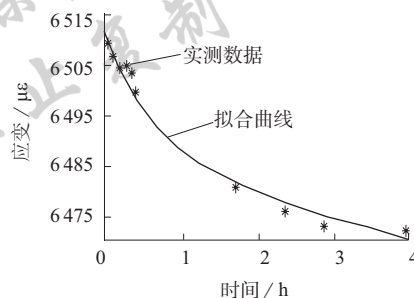


图 6 跨中碳板应变随时间的变化与拟合曲线

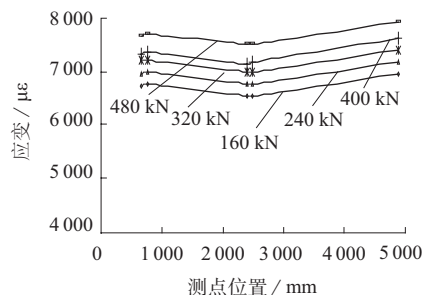


图 7 加载段片材应变增量变化

3 结论

实验测试了无粘结预应力 CFRP 板加固后混凝土梁的短期预应力损失,采用对数函数进行数值拟合,相关性很好,利用该模型可进行预应力损失预测;由于预应力混凝土梁数量有限,拟合函数表达式中的系数尚待进一步完善。

参考文献

- [1] 王兴国,岳军辉.RC 结构表层嵌入 FRP 加固技术研究概述[J]. 玻璃钢/复合材料,2012(4):124-128.
Wang Xingguo, Yue Junhui. Review of RC members strengthened

- with NSM FRP[J].Fiber Reinforced Plastics / Composites,2012,4:124-128.
- [2] 郑宇宙,王兴国,陈红强.悬臂梁支座附近表层嵌入FRP筋后性能研究[J].工程力学,2012,29(增1):75-78.
Zheng Yuzhou, Wang Xingguo, Chen Hongqiang.Behavior of support zone of cantilever beam embeded with frp tendons[J].Engineering Mechanics,2012,29(Sup1):75-78.
- [3] 王文伟,赵国藩,黄承逵,等.碳纤维布加固已承受荷载的钢筋混凝土梁抗弯性能试验研究及抗弯承载力计算[J].工程力学,2004,21(4):172-178.
Wang Wenwei, Zhao Guofan, Huang Chengkui, et al.An experimental study of strengthening of initially loaded reinforced concrete beams using CFRP sheets[J].Engineering Mechanics,2004,21(4):172-178.
- [4] 贺栓海,赵小星,宋一凡,等.具有初荷载的钢筋混凝土梁桥粘贴碳纤维布加固试验研究[J].土木工程学报,2005,38(3):70-76.
He Shuanhai, Zhao Xiaoxing, Song Yifan, et al.An experimental study on research of reinforced concrete beam bridges rehabilitated with CFRP laminates under loading and unloading condition's[J].China Civil Engineering Journal,2005,38(3):70-76.
- [5] 刘凤奎,赵志勇,蔺鹏臻.预应力粘钢加固试验研究[J].铁道学报,2004,26(2):115-110.
Liu Fengkui, Zhao Zhiyong, Lin Pengzhen.Experiment study of strengthening RCB by prestressed steel-plate gluing[J].Journal of The China Railway Society,2004,26(2):115-110.
- [6] 王兴国,周朝阳,曾宪桃,等.外贴预应力GFRP板加固混凝土梁抗弯试验研究[J].哈尔滨工业大学学报,2005,37(3):351-354.
Wang Xingguo, Zhou Chaoyang, Zeng Xiantao, et al.Tests of flexural behavior of RC beams strengthened by bonding prestressed GFRP plates[J].Journal of Harbin Institute of Technology,2005,37(3):351-354.
- [7] 王兴国,陈红强,周朝阳,等.无粘结预应力CFRP板加固混凝土梁抗弯试验研究[J].建筑结构学报,2010,31(增2),261-265.
Wang Xingguo, Chen Hongqiang, Zhou Chaoyang, et al.Experimental study on large-scale concrete beams strengthened with unbonded CFRP Laminate[J].Journal of Building Structures,2010,31(Sup2):261-265.

优惠销售 2000~2012 年中国工程塑料复合材料技术研讨会《论文集》及论文集光盘

中国合成树脂供销协会加工与应用分会为了配合 2000~2012 年先后召开的中国工程塑料加工应用技术研讨会共编辑、出版了 13 本《论文集》。其内容涉及工程塑料及通用塑料的合成与改性、加工、应用、测试、模具、设备新技术,以及文献综述、评论等,突出了我国工程塑料行业发展规划、热点分析。现尚有部分《论文集》,以及应广大读者要求加工制作的论文集光盘,以优惠价格(含邮费)销售,欢迎订阅。

1. 《论文集》,优惠价为 330 元/套,单册价格如下:

《2012 年中国工程塑料复合材料技术研讨会论文集》,论文 75 篇,正文 290 页,50 元/册;
《2011 年中国工程塑料复合材料技术研讨会论文集》,论文 100 篇,正文 369 页,50 元/册;
《2010 年中国工程塑料复合材料技术研讨会论文集》,论文 100 篇,正文 371 页,45 元/册;
《2009 年中国工程塑料复合材料技术研讨会论文集》,论文 100 篇,正文 351 页,40 元/册;
《2008 年中国工程塑料复合材料技术研讨会论文集》,论文 100 篇,正文 351 页,35 元/册;
《2007 年中国工程塑料复合材料技术研讨会论文集》,论文 100 篇,正文 343 页,30 元/册;
《2006 年中国工程塑料加工应用技术研讨会论文集》,论文 100 篇,正文 346 页,25 元/册;
《2005 年中国工程塑料复合材料技术研讨会论文集》,论文 100 篇,正文 338 页,20 元/册;
《2004 年中国工程塑料加工应用技术研讨会论文集》,论文 100 篇,正文 337 页,20 元/册;
《2003 年塑料助剂和塑料加工应用技术研讨会论文集》,论文 105 篇,正文 373 页,20 元/册;
《2002 年中国工程塑料加工应用技术研讨会论文集》,论文 100 篇,正文 351 页,20 元/册;
《2001 年中国工程塑料加工及模具技术研讨会论文集》,论文 80 篇,正文 270 页,20 元/册;
《2000 年中国工程塑料加工应用技术研讨会论文集》,论文 100 篇,正文 339 页,20 元/册。

2. 论文集光盘,优惠价为 230 元/盘。

本光盘除收录上述 13 本《论文集》的全部内容外,还包括约 2500 人次的会议代表通讯录。

凡需购买《论文集》或论文集光盘的读者,请尽快办理邮购手续。汇款时请注明“论文集”或“论文集光盘”。

邮编汇款

收款单位:山东济南市田庄东路 3 号杂志社 邮编:250031

电话:(0531)85878223 85878057

85878278

传真:(0531)85947355

银行汇款

户名:中国兵器工业集团第五三研究所

开户银行:济南市工商银行经十一路支行

帐号:1602001229014425546

网上订购: <http://www.epa1973.com>