

水泥基灌浆料加固钢筋混凝土梁抗弯性能试验研究

卢 雷¹ 敦彦茹² 李其廉¹

1. 河北科技大学 建筑工程学院 河北 石家庄 050018
2. 河北省建筑科学研究院有限公司 河北 石家庄 050018

摘 要：针对于受压区强度不足的钢筋混凝土梁有效加固方法相对较少，本文采用水泥基灌浆料置换加固钢筋混凝土梁的受压区，设计制作了2根对比试件梁和3根加固试件梁，开展了抗弯性能试验，研究受拉钢筋配筋率、置换加固厚度对试件梁抗弯性能的影响。结果表明，未加固试件与采用水泥基灌浆料加固后的试件破坏时均发生适筋破坏，但加固试件在破坏时纯弯段竖向裂缝发展的更充分；加固试件破坏时加固界面没有发生面层剥离破坏，水泥基灌浆料与混凝土之间能够良好的协同工作；水泥基灌浆料加固后的试件梁的极限抗弯承载力得到了明显的提升，并且随着受拉钢筋配筋率的增加，其提升幅度也随之增加；加固后试件基本符合平截面假定。

关键词：水泥基灌浆料；钢筋混凝土梁；抗弯性能；置换加固

钢筋混凝土结构是现代建筑中广泛应用的一种重要结构形式，其中梁体作为关键受力部件，其承载能力与稳定性对整个建筑结构的安全性和使用寿命起着至关重要的作用。然而，随着时间的推移，受到材料老化、工程设计标准更新、使用功能变化等因素的影响，许多钢筋混凝土梁的承载能力已无法满足现行规范的要求。因此，有必要采取有效的加固措施，以提升其承载能力并确保结构的安全性^[1-2]。

置换混凝土加固作为一种与增大截面加固法原理类似的加固方法，它的加固原理是将受损的混凝土剔除掉，然后在原位浇筑强度更高的材料，利用置换后的材料和原混凝土共同承担荷载，可以修复和有效提高结构承载性能。其特点是不会改变构件的体积，增加结构自重，具有很好的经济性和适用性。

根据《水泥基灌浆料应用技术规范》^[3]中的要求，本文采用加固改造工程中常用的Ⅲ类水泥基灌浆料置换加固钢筋混凝土梁，通过试验研究了水泥基灌浆料加固后钢筋混凝土梁性能变化情况，旨在为水泥基灌浆料在钢筋混凝土梁的加固工程应用中提供参考。

1 试验概况

1.1 试验材料

梁试件采用强制式搅拌机搅拌而成的混凝土浇筑，混凝土强度设计等级为C30，加固用的Ⅲ类水泥基灌浆料选用来自河北欧凯建筑材料有限公司生产的CGM-1型高强无收缩灌浆料。

1.2 试件设计

本次试验共设计了5根梁试件，其中SL-1、SL-2为未加固的试件，GR-1、GR-2为水泥基灌浆料受压区加固的

试件，所有试件的截面尺寸均为150 mm×250 mm，跨度均为1700 mm，净跨均为1500 mm。梁试件的受拉钢筋、箍筋、架立筋均采HRB400级钢筋，其中弯剪段配置Φ8@50mm的双肢箍筋，纯弯段不设置箍筋。梁试件混凝土保护层厚度为20 mm。梁试件的具体设计参数如表2所示，设计示意图如图1所示。

表1 梁试件的设计参数

试件编号	受拉钢筋	配筋率/%	箍筋	置换加固层厚度/mm
SL-1	2Φ18	1.62	C8@50	0
SL-2	2Φ20	2.00	C8@50	0
GR-1	2Φ18	1.62	C8@50	30
GR-2	2Φ20	2.00	C8@50	30
GR-3	2Φ18	1.62	C8@50	65

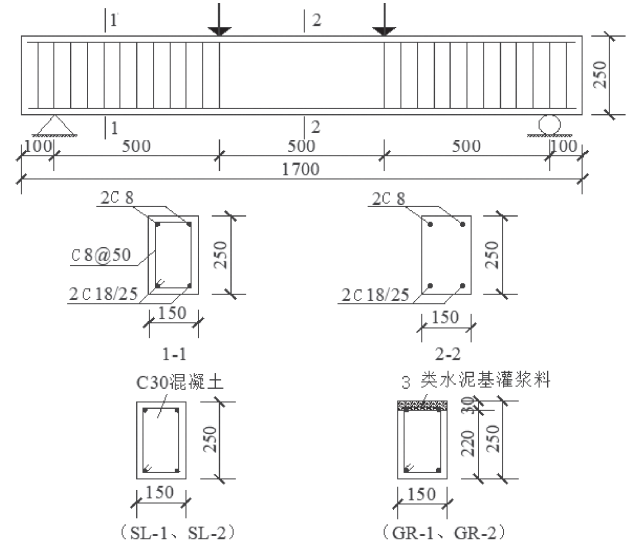


图1 试件设计示意图

1.3 材料力学性能

依据《混凝土物理力学性能试验方法标准》^[4]与《水泥胶砂强度检测方法(ISO法)》^[5]对混凝土和Ⅲ类水泥基灌浆料标准试块进行抗压强度测试,试验测得的混凝土与Ⅲ类水泥基灌浆料的抗压强度平均值分别为35.28MPa和63.48MPa。按照《金属材料室温拉伸试验方法》对试件所用钢筋进行常温标准拉伸试验测试,试验测得钢筋的力学性能如表2所示。

表2 钢筋力学性能测试结果

钢筋直径/mm	屈服强度平均值/MPa	极限强度平均值/MPa	伸长率 $\delta/(\%)$
8	442	655	22.0
18	414	606	15.7
20	434	607	20.7

1.4 加载方案与观测内容

本次试验为钢筋混凝土梁的单调加载试验,试验采用的加载方式为荷载控制的单调分级加载,通过量程为

1000kN的液压千斤顶来施加荷载,并使用其中的荷载传感器来记录试验加载过程中的荷载变化情况。荷载和位移数据均采用DH3816N数据采集仪进行采集。在试件安装定位完成后,为了确认仪器连接正常,先进行预加载,完成后以20kN为梯度进行分级加载,每级加载下持荷5min,并记录下每级加载下的荷载值和挠度值。加载装置和测点布置示意图如图2所示。

2 试验结果分析

2.1 荷载-受拉钢筋应变分析

各试件的荷载-跨中挠度关系曲线如图3所示。由图可知,水泥基灌浆料加固的试件GR-1、GR-2、GR-3受拉钢筋应变较未加固试件SL-1、SL-2明显增大,且随着置换加固厚度的增加,加固试件受拉钢筋应变也逐渐增大。这是因为水泥基灌浆料受压区置换加固后提高了试件顶部受压区材料强度,使受拉钢筋的强度得到了充分利用,从而增大了试件的受拉钢筋应变。

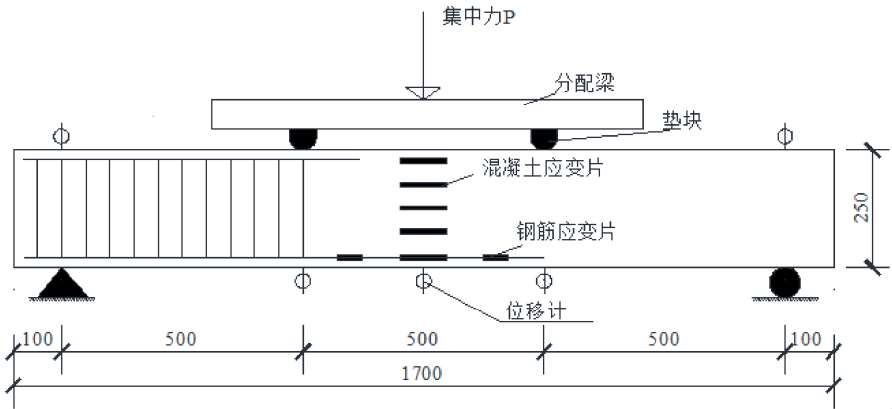


图2 加载装置及测点布置示意图

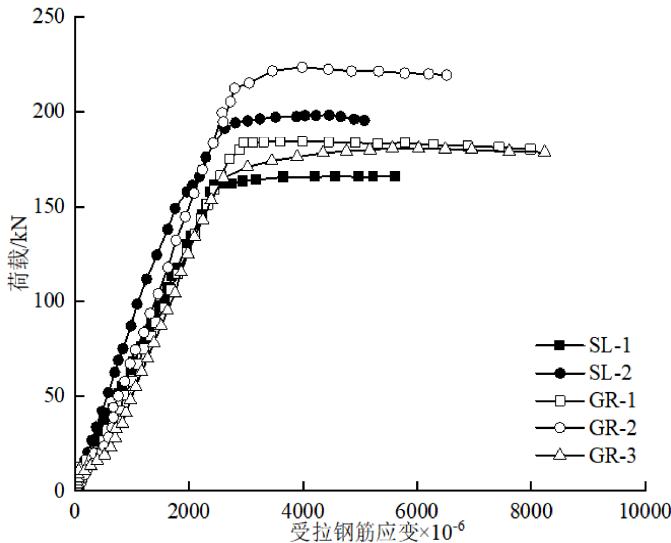


图3 荷载-受拉钢筋应变曲线

2.2 跨中截面应变分析

在加载全过程中,试件跨中截面沿梁高度方向的应变分布如图4所示。以加固试件GR-1为代表,分别选取20%、40%、60%、80%、100%峰值荷载以及屈服荷载作用下的跨中截面应变,分析不同高度位置的应变分布规律。通过分析图5可知,试件GR-1在各个荷载作用下,其跨中截面的应变均呈现连续变化特征。此外,在水泥基灌浆料与混凝土加固界面处未观察到明显的应变突变现象。从梁顶至梁底的应变分布基本呈直线趋势,这与平截面假定相符。

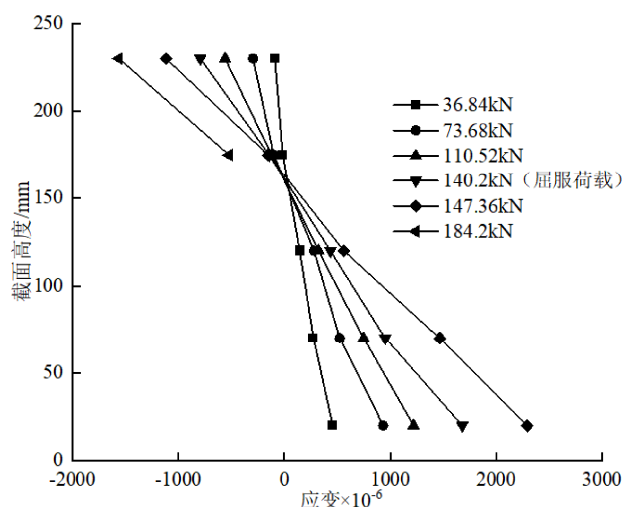


图4 试件GR-1跨中截面不同高度的应变分布

3 结论

综上所述,本文设计了5根钢筋混凝土梁,试验研究了水泥基灌浆料加对钢筋混凝土梁抗弯性能的影响。得

到以下主要结论:

(1) 水泥基灌浆料加固试件发生弯曲破坏时,水泥基灌浆料与混凝土之间没有发生面层剥离破坏的情况,加固材料与混凝土之间能够良好的协同工作,可见采用受压区置换加固钢筋混凝土梁,无需设置其它的构造措施。

(2) 水泥基灌浆加固后钢筋混凝土梁的极限抗弯承载力得到了明显的提升,与未加固试件相比,置换30mm加固和置换65mm加固试件梁的抗弯承载力分别提升了11.2%和8.9%,并且随着受拉钢筋配筋率的增加,抗弯承载力提升幅度也随之增加。

(3) 水泥基灌浆加固后钢筋混凝土梁的受压区材料强度的得到了提升,使得钢筋强度得以充分利用,此外水泥基灌浆料加固试件的加固界面处未观察到明显的应变突变现象,符合平截面假定。

参考文献

- [1]张亮,严建军,李响.混凝土结构耐久性的研究综述[J].材料导报,2013,27(S1):294-297.
- [2]Mosallam A, Taha M M R, Kim J J, et al. Strength and ductility of RC slabs strengthened with hybrid high-performance composite retrofit system[J]. Engineering Structures, 2012 (36): 70-80.
- [3]水泥基灌浆材料应用技术规范:GB/T 50448-2015 [S].北京:中国建筑工业出版社,2015.
- [4]混凝土物理力学性能试验方法标准:GB/T 50081-2019 [S].北京:中国建筑工业出版社,2019.
- [5]水泥胶砂抗压强度检验方法(ISO法):GB/T 17671-2021 [S].北京:中国标准出版社,2021.