

焊接密闭钢模注浆加固技术探索与应用

齐岳^{1,2}, 王琨¹, 郑文忠¹

(1. 哈尔滨工业大学 土木工程学院, 150090 哈尔滨; 2. 黑龙江大学 建筑工程学院, 150086 哈尔滨)

摘要: 采用增大截面法加固混凝土梁、混凝土柱的过程中, 当所需增加的截面尺寸较小时, 常遇到混凝土中的粗骨料难以进入原构件与模板间隙、混凝土难以浇筑密实及振捣困难等问题。为此, 提出了一种先在原构件外绑扎钢筋, 再在外围设置焊接密闭钢模, 最后灌注水泥基灌浆料的加固技术, 称之为焊接密闭钢模注浆加固技术。这种加固技术的特点在于用水泥基灌浆料替代常规混凝土, 用密闭钢模替代传统的模板。本文通过工程实例介绍了焊接密闭钢模注浆加固技术, 工程应用情况表明这种新型加固技术施工简便, 节省工期, 加固效果良好, 具有广泛的适用性, 可在混凝土结构的加固中推广。

关键词: 加固技术; 钢模; 混凝土; 灌浆料

中图分类号: TU746 **文献标志码:** A **文章编号:** 0367-6234(2012)04-0012-05

Exploration and application of strengthening technology by grouting in the welding closed steel template

QI Yue^{1,2}, WANG Kun¹, ZHENG Wen-zhong¹

(1 School of Civil Engineering, Harbin Institute of Technology, 150090 Harbin, China; 2. School of Architectural Engineering, Heilongjiang University, 150086 Harbin, China)

Abstract: When the area of concrete beams and concrete columns strengthened by the method of enlarging the cross-section is small, the coarse aggregate is usually hard to be injected the strengthening area and the concrete is also difficult to be vibrated. Thus, a new strengthening technology named strengthening technology by grouting in the welding closed steel template is proposed in this paper, which firstly assembles the steel outside the original components, secondly sets the steel templates and lastly pours the cement-based grouting material. This strengthening technology is characterized by using the cement-based grouting material and welding closed steel template to replace the traditional concrete and traditional templates. It has already been applied in two applications which are presented in this paper, and the result shows that it can be easily applied in the structural applications, and it can save construction time considerably, and make the construction process more convenient.

Key words: strengthening technology; steel template; concrete; grouting material

实际工程中经常遇到混凝土梁、混凝土柱由于施工缺陷或建筑功能改变等原因而不能满足承载力要求的情况。为提高梁、柱截面抗弯或抗压承载力, 常采用增大截面的加固方法^[1-2]。采用增大截面法对混凝土梁、混凝土柱进行加固的过程中,

常规做法是在原截面外围绑扎钢筋骨架后设置木模板或竹丝模板, 然后浇筑混凝土, 待混凝土结硬后, 拆除模板。但是多数情况下, 梁、柱截面所需增加的尺寸较小, 采用混凝土浇筑时会遇到混凝土中的粗骨料难以进入原构件与新模板间隙、混凝土振捣困难等问题^[3], 这就造成了新增混凝土难以浇筑密实, 使加固效果降低。

为解决上述问题, 提出了一种先在原构件外绑扎钢筋, 再在外围设置焊接密闭钢模, 最后灌注水泥基灌浆料的加固技术, 称之为焊接密闭钢模注浆加固技术。这种加固技术的特点在于用流动

收稿日期: 2011-06-24.

基金项目: 国家教育部长江学者奖励计划资助项目(2009-37); 中国博士后科学基金资助项目(20110491078).

作者简介: 齐岳(1982—), 男, 博士后, 讲师;
郑文忠(1965—), 男, 博士生导师, 长江学者特聘教授.

通讯作者: 齐岳, qiye0451@126.com.

性好且无粗骨料的水泥基灌浆料替代常规混凝土,用免拆除的密闭钢模替代传统模板.本文通过工程实例介绍了焊接密闭钢模注浆加固技术,工程应用情况表明这种新型加固技术施工简便,节省工期,加固效果良好,具有较强的适用性,可在加固工程中推广应用.

1 工艺方法

焊接密闭钢模注浆加固技术是将薄钢板焊接后作为新增部分的模板,用水泥基灌浆料替代混凝土进行浇筑,以此来实现增大构件截面,提高构件承载力的加固技术.

与常规的木模板、竹丝模板相比,焊接密闭钢模的密闭效果较好,可保证施工过程中不漏浆,且施工后无需拆除,施工简便,节省工期^[4-5].与常规混凝土相比,水泥基灌浆料不仅强度高,而且流动性好,其原材料中无粗骨料,在免振捣或轻微振捣的情况下即可达到良好的浇筑效果.

1.1 水泥基灌浆料

水泥基灌浆料的原材料为:P.O 42.5 普通硅酸盐水泥、UEA 膨胀剂和 FDN 高效减水剂^[6],配合比如表 1 所示.为了测试其强度,制作了 5 个尺寸为 150 mm × 150 mm × 300 mm 的棱柱体试块,在标准条件下自然养护 28 d 后,采用 2 500 kN MTS 试验机对试块进行材性试验.压应力达到预估值的 80% 前,采用力控制,之后改为位移控制,以便测得应力-应变曲线的下降段^[7-8].试验装置如图 1 所示.

表 1 灌浆料配合比

水灰比	膨胀剂 UEA (占水泥用量)	减水剂 FDN (占水泥用量)
0.4	7%	0.7%

注:掺入适量的膨胀剂可防止收缩带来的灌浆料与钢模间脱空,可使新增部分更加密实.



图 1 水泥基灌浆料材性试验

对材性试验结果进行分析可知:灌浆料的轴心抗压强度平均值 $f_{c,m} = 28.1 \text{ N/mm}^2$,弹性模量

$E_c = 1.8 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$,其强度介于 C30 与 C35 混凝土之间(C30 混凝土的轴心抗压强度平均值为 26.1 N/mm^2 ,C35 混凝土的轴心抗压强度平均值为 29.8 N/mm^2),可满足一般工程的强度要求^[9].这种水泥基灌浆料不仅强度高,而且流动性好,与混凝土相比,其原材料中无粗骨料,在免振捣或轻微振捣下即可达到良好的浇筑效果.

1.2 混凝土梁加固方法

图 2 为采用焊接密闭钢模注浆加固技术对混凝土梁进行加固的示意图.具体施工方法为:首先将原梁底面打磨粗糙,在梁底植入锚栓,植入长度不小于 150 mm,间距与计算所需的新增箍筋间距相同;然后将新增箍筋与锚栓焊接连接,再穿入新增纵筋,新增纵筋的数量应由计算确定.由于灌浆料流动性较好,为保证钢模与梁的左右支座之间不漏浆,在支座处设置钢翼板,钢翼板边缘与支座之间采用玻璃胶进行密封处理.

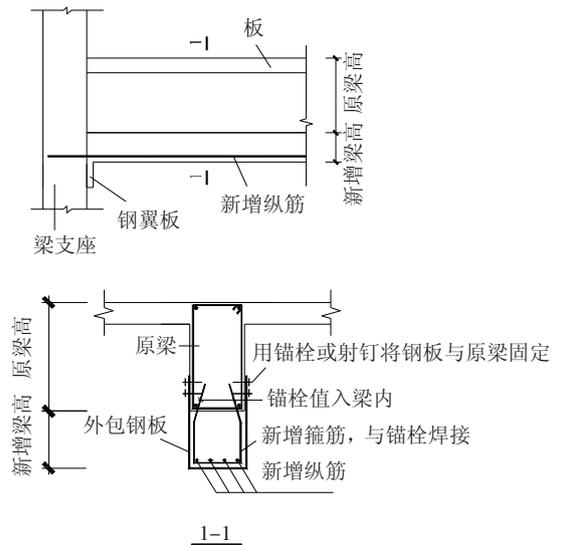


图 2 加固混凝土梁示意

1.3 混凝土柱加固方法

图 3 为采用焊接密闭钢模注浆加固技术对混凝土柱加固的示意图.具体施工方法为:首先将原柱四面打磨粗糙,并沿柱高度方向设置一定数量的锚栓,以确保原柱与新增部分之间能够共同工作,然后增设由计算确定的钢筋骨架(柱纵筋及箍筋),新增柱纵筋上下两端应植入节点内部不小于 400 mm,最后在外围设置焊接密闭钢模,并灌注水泥基灌浆料.为保证钢模与上下楼面之间不漏浆,在楼面和柱顶之间设置钢翼板,钢翼板边缘与楼板之间采用玻璃胶进行密封处理.灌浆料灌入时应采用压浆机从柱底预留管道灌入,并在柱顶预留通气孔道.当多层柱均需要加固时,应使柱纵筋穿过楼板,以保证竖向荷载的均匀传递.

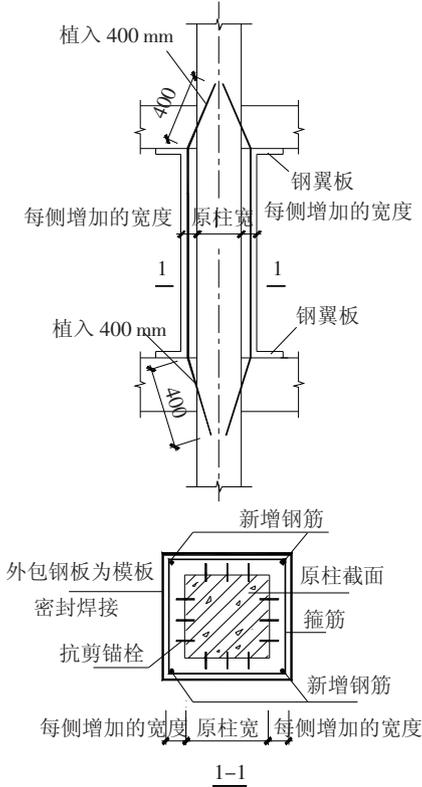


图3 加固混凝土柱示意

2 工程应用

2.1 混凝土梁加固实例

鹤岗富力煤矿是一大型煤矿,是国家重要能源基地之一.该煤矿筛煤车间用两个6 t 动力筛(即一次可筛煤的最大质量为6 t 的动力筛)对地下开采的煤进行筛分.为了适应煤产量增加的生产需求,并提高生产效率,预将筛煤车间原有的6 t 动力筛更换为22 t 动力筛.动力筛通过6个支腿放置在楼板上,动力筛及支腿位置如图4所示.新的动力筛装载量增大,工作时对楼板的作用力增大.为确保安全,对22 t 动力筛工作下的楼板及相关梁、柱进行验算,并对不满足承载力的构件进行加固.

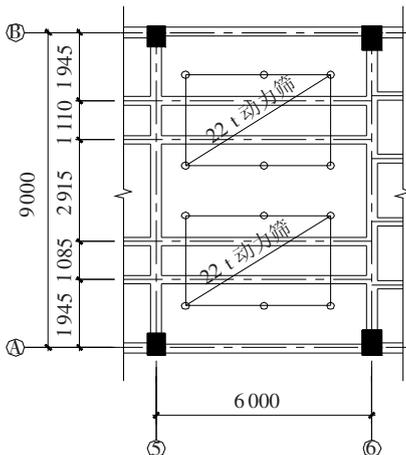


图4 动力筛及支腿位置

按照建设单位提出的加固期间不影响正常生

产的要求,提出了在动力筛支腿下增设钢梁,并用焊接密闭钢模注浆加固技术加固原梁的方案,加固方案的平面布置如图5所示.图中XZL表示新增钢梁,YL表示原梁.经验算,过A轴、B轴的梁及相关的柱、基础均有足够的安全储备,无需加固.

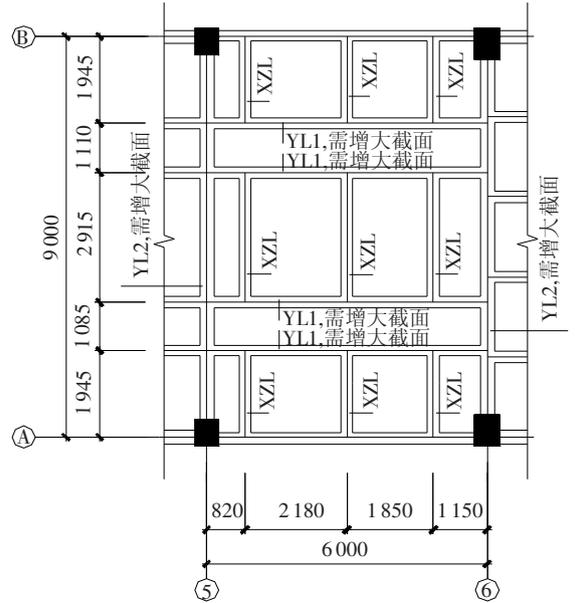


图5 加固方案的平面布置

新增钢梁采用2[16a]的槽钢,槽钢通过与锚固在原梁上的钢板焊接来实现和原梁的连接,具体做法如图6所示.原梁的加固采用焊接密闭钢模注浆加固技术,YL1的新增高度为300 mm,新增纵筋为4φ25,新增箍筋为φ8@200. YL2的新增高度为300 mm,新增纵筋为4φ22,新增箍筋为φ8@200.具体做法如图2所示.图7为该工程的实际情况.

用锚栓将钢板与原梁连接,锚栓植入梁内100 mm

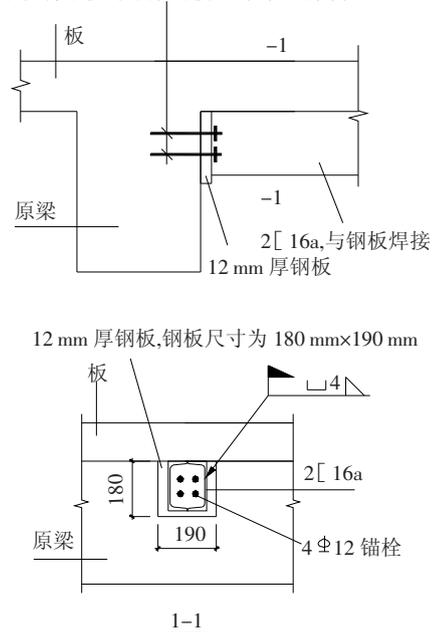


图6 新增钢梁与原梁的连接做法



图7 梁加固的实际情况

在此工程中,使用了焊接密闭钢模注浆加固技术,大大减少了湿作业,在经济合理的情况下,既确保了煤矿的正常生产,又使工程顺利完成.与传统的增大截面加固方法相比,焊接密闭钢模注浆加固技术消除了支设木模板给正常生产带来的不便,甚至停产的可能,减少了混凝土浇筑带来的困难.此工程已竣工,所提出的加固方案和所达到的良好浇筑效果得到一致认可.

2.2 混凝土柱加固实例

铁力市学院小区综合楼为框架剪力墙结构,地下一层,地上十六层,总建筑面积为 16 590 m²,基础采用梁板式筏形基础.当基础、地下室及地上三层施工完毕后,在对预留混凝土试块进行强度测定时发现,试块的强度未达到设计要求.为此,对已施工完成的结构进行了混凝土强度测定,并用测定的强度核算了整体结构是否安全,对不满足要求的构件进行了加固.

2.2.1 柱中混凝土强度测定

为明确柱中混凝土的具体强度值,采用回弹法推测柱中混凝土强度^[10].依据现场所测数据,得到柱中混凝土推定强度如表2所示,表2中同时给出了混凝土的设计强度等级,可以看出,地下室~地上三层的柱中混凝土强度等级均偏低,未达到设计标准.

表2 柱中混凝土强度推定值与设计强度等级

柱所在楼层	混凝土推定强度/ (N · mm ⁻²)	混凝土设计等级
地下室	37.5	C50
一层	31.4	C50
二层	30.9	C50
三层	19.3	C50

柱中混凝土强度虽然未达到设计要求,但是不代表柱一定不满足承载力要求,这是因为原设计可能留有一定安全储备的缘故.因此,根据表2中混凝土的推定强度计算出混凝土的设计强度,

采用混凝土设计强度验算柱是否满足承载力要求.验算结果表明,一部分柱不满足承载力要求,需进行加固.所需加固柱每边需要增加的尺寸为 100 mm,需要增加的纵筋为 4 ϕ 25.由于增加的尺寸较小,为保证浇筑密实,采用了焊接密闭钢模注浆加固技术,具体做法如图3所示.图8为工程的实际情况.



(a) 设置新增纵筋及抗剪锚栓



(b) 设置外围箍筋



(c) 设置焊接密闭钢模

图8 柱加固的实际情况

另外,此工程中有部分柱出现了局部混凝土酥松的现象,图9为酥松混凝土已被剔除后的柱照片.对于酥松部位加固补强的具体做法如图10所示.首先凿去酥松的混凝土,直至露出坚实的混凝土表层,然后采用焊接钢板外包整个柱的薄弱部位,钢翼板边缘与楼板之间采用玻璃胶进行密

封处理. 确保不漏浆, 最后采用压力灌浆法将孔洞灌注密实.



(a) 酥松区位于柱根部



(b) 酥松区位于柱中部

图9 局部混凝土酥松现象

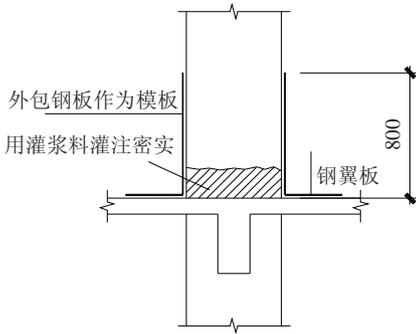


图10 柱酥松部位的加固处理

此工程中, 需加固的柱较多且增加的截面尺寸均不大, 使用焊接密闭钢模注浆加固技术进行加固, 在提高浇筑质量的同时, 大大节约了工期, 降低了成本.

3 结 论

1) 提出了一种先在原构件外绑扎钢筋, 再在外围设置焊接密闭钢模, 最后灌注水泥基灌浆料的加固技术, 称之为焊接密闭钢模注浆加固技术.

这种加固技术的特点在于用水泥基灌浆料替代常规混凝土, 用密闭钢模替代传统的模板.

2) 焊接密闭钢模注浆加固技术可改善传统增大截面加固法在处理所需增加尺寸有限的混凝土梁和混凝土柱的过程中, 混凝土中的粗骨料难以进入原构件与模板间隙、混凝土难以浇筑密实及振捣困难等问题.

3) 焊接密闭钢模注浆加固技术在实际工程中的应用效果表明, 这种加固技术施工简便, 节省工期, 加固效果良好, 具有广泛的适用性, 可在加固工程中推广.

参 考 文 献:

[1] 中华人民共和国国家标准. GB50367—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.

[2] 赵明. 增大截面法加固钢筋混凝土柱的受力性能研究[D]. 西安: 西安科技大学, 2009.

[3] 何红霞. 自密实混凝土增大截面法加固轴心受压柱的研究与应用[D]. 长沙: 中南大学, 2007.

[4] RAHIMI H, HUTCHINSON A. Concrete beams strengthened with externally bonded FRP plates[J]. *Journal of Composites for Construction*, 2001, 5(1): 44-56.

[5] SMITH S T, TENG J G. Shear-bending interaction in debonding failures of FRP-plated RC beams[J]. *Advances in Structural Engineering*, 2003, 6(3): 183-199.

[6] ZHENG Wenzhong, ZHANG Geming, LIU Xudong, et al. Experimental research on ultimate bearing capacity of N-joints of grouted square steel tube trusses[J]. *Journal of Southeast University (English Edition)*, 2007, 23(4): 566-570.

[7] LI Li, ZHENG Wenzhong, LU Shanshan. Experimental study on mechanical properties of reactive powder concrete[J]. *Journal of Harbin Institute of Technology (New Series)*, 2010, 17(6): 795-800.

[8] TENG J G, ZHANG J W, SMITH S T. Interfacial stresses in RC beams bonded with a soffit plate[J]. *Construction and Building Materials*, 2002, 16(1): 1-14.

[9] 中华人民共和国国家标准. GB50010—2010 混凝土结构设计规范[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2010.

[10] 中华人民共和国行业标准. JGJ/T23—2001 回弹仪检测混凝土抗压强度技术规程[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2001.

(编辑 赵丽莹)