文章编号:1009-6825(2004)03-0018-02

碳 纤 维 加 固 技 术

张 小 平

摘 要:介绍了碳纤维布材料的性能特点与技术优势,结合三家知名单位的试验研究结果,提出了碳纤维加固技术的显著效果,并对其应用前景进行了展望。

关键词:碳纤维,加固技术,材料

中图分类号:TU746.3 **文献标识码**:A

引言

碳纤维加固技术是近年来兴起的一项新型加固技术。我国大约从1998年开始使用这项技术,虽然起步晚,但发展很快,我国2002年碳纤维布的使用量约有25万 m^2。目前我国使用的碳纤维布材料多为进口。我国已有生产碳纤维布的国内厂家,如德州晶华宝利来碳纤维布制造有限公司、上海同混凝土碳纤维布有限公司等20余家,2002年国产碳纤维布仅占碳纤维布国内销售市场的10 %左右。我国碳纤维加固技术主要应用于建筑工程,占全部应用量的50 %,其他如桥梁占31 %,隧道占6 %,其余占13 %。

1 材料性能与技术优势

1.1 材料性能

1)强度高。弹性模量与钢材相当的高强度型碳纤维,其抗拉强度比钢筋大10倍。2)弹性模量。高弹模型碳纤维的弹性模量比钢筋大1.8倍~2.6倍,同时抗拉强度比钢筋大6倍~8倍。3)质量轻。其密度一般为钢材的1/5。4)抗腐蚀能力强。碳纤维不产生电化学腐蚀,且在氯离子、碳酸和烧碱等物质作用下强度降低很少。5)耐疲劳性能好。一般金属的疲劳强度为其拉伸强度的40 %~50 %,而碳纤维可高达70 %~80 %。6)减振性能好。碳纤维自振频率高,可避免早期共振。同时其内阻很大,一

部分屋面荷载;另一方面,在外包钢构架与原构件共同工作的同时,钢构架能够对原结构的核心混凝土起到约束作用,提高了核心区混凝土的抗压强度,从而提高了框架柱的承载力,达到了加固的目的。框架柱加固方法如图2所示。

3.2 框架梁加固法

框架梁的加固采用了增大截面加固法。对于受弯构件增大截面法又分为增大受拉区和增大受压区两种形式。为了不使施工影响厂房内原有设备的正常工作,特将增大的梁截面设在梁的上部,即采用增大受压区的形式。加固具体做法为,先将梁上部混凝土保护层剔除,露出10 cm长的箍筋,在原箍筋上加焊U型箍筋。U型箍筋的直径、间距与原箍筋相同。同时在U型箍筋顶部设两根架立筋,且架立筋应通长布置。在绑筋支模完成后向新增部分中浇筑混凝土,混凝土强度等级为C30,石子采用最大粒径小于20 mm的卵石或碎石。为保证新增部分与框架梁成为整体协同工作,在框架梁顶面每隔800 mm钻两个直径为14 mm的孔,并在孔中用结构胶植入直径为12 mm的Ⅱ级钢筋棒作为拉结筋。这样在梁受力发生变形时,拉结筋可承受新旧部分交界面上的剪力和上拔力,使两部分协同变形。这样在进行承载力计算时加固后构件的承载力、抗裂度、钢筋应力、裂缝宽度、变形等可按混凝土叠合构件计算。框架梁加固方法如图3所示。

4 结语

该厂房现已加固完成并投入使用,各方对加固效果反映良好。通过该例实践得出的体会和建议:1)在对已有建筑结构作较大改动或增设较大荷载时应审慎考虑。首先应对整体结构进行力学分析,确定其对结构安全和可靠性的影响,并根据加固规范采取相应加固防范措施,以确保结构安全正常使用。2)当前对已有建筑的加固改造方法很多,且每种方法都有自己的优点和适用范围。具体方法的采用,应根据现场的实际情况来决定。如在本次厂房加固中,由于厂房内原有设备较多,且不允许设备停止生产,所以在梁的加固方法上选用了加大受压区的截面法,这样就将施工作业面转移到了屋顶上,保证了设备生产的正常运行。

参考文献:

[1]GBJ 144-90,工业厂房可靠性鉴定标准[S].

[2]JGJ 116-98,建筑抗震加固技术规程[S].

[3]GB 50025-95,建筑抗震鉴定标准[S].

[4]CECS 25:90,混凝土结构加固技术规范[S].

[5]姚继涛,马永欣等.建筑物可靠性鉴定和加固[M].北京:科学出版社,2003.

[6]董吉士等.房屋维修加固手册[M].北京:中国建筑工业出版社,1988.

One factory building reinforcement work

BO Wen-jun[1] **LI Jing**[2] **LI Zhu**[2]

(1. *Northern China Pharmacy Group*, *Shijiazhuang* 050031, *China*;

2. *Department of Civil Engineering*, *Taiyuan University of Technology*, *Taiyuan* 030024, *China*)

Abstract: Combined with practical strengthening work concrete strengthening methods are introduced based upon structure analysis and scheme design. Author points out that mechanical behaviors analysis of unit structure should be made before reconstruction or adding load to original structures and based upon analysis results and actual conditions to determine reinforcement method.

Key words: strengthening, structure analysis, load

收稿日期:2003-11-18

作者简介:张小平(1964-),男,1987年毕业于太原工业大学工民建专业,讲师,大同职业技术学院,山西 大同 037008

旦受激振动,可迅速衰减。7)无电磁感应。碳纤维无磁性,用在有磁共振设备的场合,可排除干扰。

1.2 加固法的技术优势

1)适用范围广。可用于不同类型(如板、梁)、不同材料(如钢、混凝土)的构件加固,也可用于构件不同部位、不同薄弱因素(如抗弯、抗剪)的增强。2)加固效率高。以瑞士的 Ebach 桥加固为例。该多跨连续箱梁桥总长 228 m,其腹板的几根预应力筋不慎断掉,被损坏的桥跨长 39 m 原计划用 175 kg 钢板将桥梁承载力恢复到设计值,后改用碳纤维板,只用了 6.2 kg。3)施工速度快。原因是操作简单,无湿作业,不需要大型施工机械和重型设备,也不需要太大的工作空间,特别是超薄可卷的碳纤维布,运输携带方便,且可任意裁剪。4)施工干扰小。因施工占用场地少、无噪声、速度快,基本不增加既有结构的尺寸,故对房屋使用、桥上通车及桥下通航妨碍最小。5)质量易保证。由于碳纤维布是柔性的,即使被加固的结构表面不是非常平整,有效粘结率也基本可以达到 100 %。而粘贴钢板则很难达到这种程度,相应的验收标准也只要求达到 70 %。此外,碳纤维布粘结后万一发现有气泡,也很容易修补,只要将树脂注射进去即可赶跑空气。6)附加荷载轻。碳纤维的质量密度远低于钢材,粘贴后不到 1 kg/m^2,基本不增加既有粘结的自重。7)应用时间长。因为材料耐腐蚀,故能长期使用,无后期维护问题。这对处于侵蚀性环境中的结构耐久性十分有利。8)综合造价低。碳纤维尽管材料单价较贵,但由于材料用量少、施工工期短、不需要机械、用人数量少、操作简单,故从总体来说,一次性投资成本仍可有所降低,若考虑其他方法所需的长期维修费用,则更显经济。

2 试验研究

2.1 东南大学土木工程学院通过 11 根钢筋混凝土柱(其中 6 根用碳纤维布加固)在低周期反复荷载作用下的试验研究,比较分析了用碳纤维布加固前后混凝土柱的破坏形态、极限承载力、滞回曲线和延性系数等。试验研究分析结论如下:

1)加固混凝土柱可提高其受剪承载力或者通过约束塑性铰区的混凝土来提高构件的抗震性能。2)由于约束作用比箍筋更直接,加固高轴压力比的混凝土柱也有一定的效果。3)加固混凝土结构的效果与很多因素有关,如柱轴压比和配箍率的粘贴方式和层数等。4)与增加普通箍筋不同,外缠绵加固混凝土柱对改善其粘结性能是有效的。

2.2 江苏省建筑科学研究院根据现行规范对混凝土构件正截面承载力计算的基本假定,采用了 20 根梁试件的数据,推导了用碳纤维片材加固完全或部分卸载的混凝土构件正截面受弯承载力的计算公式,讨论了不同截面极限应变类型时碳纤维片材强度的利用程度和碳纤维片材加固的适用范围。得出如下结论:

1)碳纤维片材为线弹性材料,加固后截面受弯破坏时,其应变不是常数。可根据不同的截面应变类型计算碳纤维片材的应变,进而确定它在该情况下的强度标准值和设计值,最后求得需要配置的面积。2)根据现行规范对混凝土构件正截面承载力计算的基本假定,推导了用碳纤维片材加固完全卸载和部分卸载的混凝土构件正截面受弯承载力的计算公式。计算部分卸载构件经碳纤维片材加固的截面受弯承载力与计算完全卸载构件的方法和公式完全一样,但在确定碳纤维片材的应变时需减去加固前部分荷载在碳纤维片材粘贴处混凝土已产生的应变。3)讨论了加固混凝土构件正截面受弯承载力的碳纤维片材的变化范围,给出了计算公式。得出了不同极限应变类型时碳纤维片材强度的最大利用系数,因而得到了适用于碳纤维片材加固的应用范围。加固前对构件卸载可提高碳纤维片材强度的利用率,完全卸载可使碳纤维片材强度达到其最大利用率。

2.3 天津大学土木工程系通过碳纤维布加固砖砌体在周期反复荷载作用下受力性能的试验,研究了粘贴碳纤维布加固修复砖砌体这种方法的有效性。研究了碳纤维布加固砖砌体的受力特性,分析了碳纤维布的用量以及形态方式等因素对砖砌体加固效果的影响,还提出了碳纤维布加固砖砌体抗剪承载力的简化计算方法。得出结论如下:1)研究证实,碳纤维布用于增强砖砌体抗震能力的加固方法是非常有效的。碳纤维布加固墙体的开裂荷载较未加固墙体明显提高,变形能力也明显改善,加固后墙体的开裂位移显著增长。2)碳纤维布用于加固砖墙时,布的幅宽越大,其加固作用也越明显。3)碳纤维布通过桁架模型中受拉杆机制改善墙内受力状态,从而提高构件的抗剪承载力;另外,通过限制墙体裂缝开展,也提高了构件的抗裂能力。

3 应用前景

我国建国后修建的大批房屋已接近甚至超过设计基准期,而且由于以往的研究工作对结构耐久性重视不够,使许多建筑虽属中年,却已未老先衰。另外,由于更换用途或扩建加层,需对结构进行加固、改造。据保守估计,在我国现有的 60 多亿 m^2 房屋中,40 %以上需要分期分批的进行鉴定和加固。类似的情况在道桥和其他土木工程中也存在。很多重要路线上的桥梁改建已列入城市建设计划中。目前国内采用的传统加固补强技术比较落后,施工方法比较复杂,设备繁多且受场地因素限制。碳纤维加固技术在这一领域的使用还很少,有很大的开发潜力。预计我国对碳纤维布的年需求将达到 40 万 m^2。

国内配套粘碳胶发展势头良好,短时期内,国内所用的碳纤维材料仍以进口为主,材料的性能和质量比较有保证,但价格相对较贵。可喜的是,我国粘胶的生产得到了良好的发展,涌现出一些信誉好、知名度高、专业性强的国有企业,他们生产的碳纤维专用粘结胶,各项性能指标都达到了进口胶的水平,价格却比进口胶低得多。作为碳纤维布的重要辅助材料,粘碳胶的发展必然会大大促进碳纤维加固技术的发展。

2002 年国家颁布了碳纤维布加固修复混凝土结构的技术标准。设计规范和施工方法也着手编制,目前正进行国外标准调研和试验研究工作。2003 年 3 月颁布的国标编制计划已将碳素纤维布、胶的材料标准、施工工法列入。这些都将有利于碳纤维加固技术的推广。

CFRP strengthening techniques

ZHANG Xiao-ping

(*Datong Professional Technical School*, *Datong* 037008, *China*)

Abstract: The property characteristics and technical superiority of carbon fiber sheets are introduced and combined the research achievements of three famous departments the outstanding application effects of this kind of strengthening technique are proposed. In the end its application prospect is predicted.

Key words: carbon fiber, strengthening technique, material