

# 外贴碳纤维布在淮安二站加固改造中的应用

王予匀

(江苏省灌溉总渠管理处, 江苏 淮安 223200)

**摘要:** 通过淮安二站加固改造工程实例中, 运用外贴碳纤维布技术解决主副厂房框架连系梁裂缝问题, 探讨外贴碳纤维布技术在处理混凝土结构裂缝方面的可行性, 并提出具体工程措施。

**关键词:** 碳纤维布; 加固; 改造; 应用

**中图分类号:** TV675      **文献标识码:** B      **文章编号:** 1007-7839 (2017) 06-0043-03

## Application of externally bonded CERP in reinforcement and reconstruction of the second water pump station in Huaian

WANG Yuyun

(Main Irrigation Channel Management Division of Jiangsu Province, Huaian 223200, Jiangsu)

**Abstract:** The feasibility of the application of CERP in the treatment of cracks in concrete structures is explored. Specific engineering measures are put forward by the application of external CERP technology to solve the crack problem of the main auxiliary workshop frame in reinforcement and reconstruction of the second water pump station in Huaian.

**Key words:** CERP; reinforcement; reconstruction; application

## 0 引言

随着经济快速发展和现代化水平不断提高, 水利工程的工程质量有了更高的要求, 一批服役年份长、工程状况差的水利工程已不能满足更高要求的运行使用, 加固改造势在必行。然而在水利工程加固改造过程中, 经常会遇到工程内部的梁、柱、框架等混凝土结构出现裂缝, 形成安全隐患, 但有限的加固改造资金又很难着重使用在裂缝处理上, 如何安全经济地处理好混凝土结构裂缝就成为水利工程加固改造中绕不开的难题。在此背景之下, 外贴碳纤维布技术为解决这一难题提供了途径。

## 1 工程概况

江苏省淮安第二抽水站(淮安二站)位于淮安市淮安区南郊三堡、京杭大运河和苏北灌溉总渠的交汇处。该工程于1975年1月动工兴建, 1978年12月竣工, 主要承担着抽引长江水进入苏北灌溉总渠和南水北调东线第一期工程第二、三梯级抽水任务, 以及白马湖地区农田排涝和渠北地区农田灌溉、工业、航运、城乡人民生活用水等任务, 是淮安水利枢纽工程的重要组成部分, 也是整个渠北地区正常生产生活的保障。2010年10月, 已服役超过30年的淮安二站迎来全面加固改造。

在加固改造过程中, 主副厂房排架结构连系

收稿日期: 2017-03-22

作者简介: 王予匀(1990-), 女, 本科, 助理工程师, 主要从事泵站管理工作。

梁加固是整个工程质量控制的难点。主副厂房粉刷出新过程中,在老粉刷层凿除后,发现连系梁有多处裂缝,多出现在连系梁底部,走向多以自下而上的纵向、斜向为主。经相关设计单位及专业检测机构鉴定后,认定裂缝的产生是因独立块石基础发生不均匀沉降所致。为了确保厂房关键部位的工程质量和安全,2011年7月4日,在工程现场邀请多名专家召开了连系梁裂缝加固技术方案专题论证会,最终确定“对裂缝封闭处理并外贴碳纤维布加固”这一处理方案。

## 2 外贴碳纤维布处理裂缝的可行性

碳纤维布(CFRP)加固和修补混凝土结构技术是一项新颖高效又经济便捷的结构加固技术,在二站加固改造工程中采用该技术,主要是在对裂缝进行表面灌浆封闭后,利用树脂胶结材料,将碳纤维布粘贴于混凝土结构表面,以达到结构加固补强及改善结构受力性能的目的。外贴碳纤维布能有效地处理并防止混凝土结构裂缝,这与碳纤维布自身力学特性及相关优点有关。

### 2.1 碳纤维布的主要力学特性

加固改造工程中选用的碳纤维布为高强度Ⅰ级,单位重量为 $200\text{ g/m}^2$ 的复合碳纤维布,该材料具有表1所示的力学特性。

表1 碳纤维布主要力学性能

等级	高强度Ⅰ级	高强度Ⅱ级
抗拉强度标准值(MPa)	$\geq 3400$	$\geq 3000$
受拉弹性模量(MPa)	$\geq 2.4 \times 10^5$	$\geq 2.1 \times 10^5$
伸长率(%)	$\geq 1.7$	$\geq 1.5$
弯曲强度(MPa)	$\geq 700$	$\geq 600$
层间剪切强度(MPa)	$\geq 45$	$\geq 35$
单位面积质量( $\text{g/m}^2$ )	200、250、300	200、250、300

从表1的参数可以看出,碳纤维布具有高强度、高弹性模量、低重量“两高一低”的力学特性:高强度说明碳纤维布具有很高的强度保障,高弹性模量说明碳纤维布具有很高的力学延展性,其弹性模量与钢材相近。正是这样的特性使得用外贴碳纤维布修复混凝土结构能够提高其承载力和延展性,改善受力特性,达到加固修补的目的;低重量的特性,有利于保证在修复混凝土结构后,几

乎不增加结构或构件的自重,将附加材料自重这一不利影响尽可能降到最低。

### 2.2 碳纤维布的主要优点

除了上文提到的“两高一低”的力学特性以外,碳纤维布还具有不少优点,使得外贴碳纤维布修复混凝土结构裂缝这一工程措施得以在实际中应用。

#### (1) 具有较好的抗腐蚀耐用性

碳纤维布化学性质稳定,不易与酸、碱、盐等发生化学反应。因此用外贴碳纤维布修复过的混凝土结构具有良好的抗腐蚀耐用性,有效解决了混凝土修复技术共同面临的化学腐蚀问题,同时采用外贴碳纤维布修复混凝土,不必定期维护,节省了日后运行管理中养护经费的开支。

#### (2) 热膨胀性能优越

碳纤维布由于自身构造的缘故,热膨胀系数非常小,在纤维方向的热膨胀系数几乎为零,这一优点与现有的其他材料相比,具有显著的优势。

#### (3) 施工方法简单易行

外贴碳纤维布修复混凝土结构裂缝无需大型施工机械,占用场地少,同时由于碳纤维布是柔性材料,裁剪方便,外贴碳纤维布施工方法成熟,步骤简单,施工速度很快。

#### (4) 施工质量检查方便

由于采用碳纤维布进行修复,修复材料包裹在结构外部,施工质量检查方便,并且鉴于碳纤维布柔性材料的特质,修复面初次施工存在瑕疵部位,二次修复方便可行,故有效粘贴率极高,修复效果能够得到保证。

#### (5) 适用范围广

外贴碳纤维布施工技术可用于不同结构类型、不同形状、不同材料的构件加固,也可用于构件的不同部位及不同薄弱因素的加固,适应范围广,普适性高。对于已建成的大型工程而言,采用旧的混凝土修复手段,远没有外贴碳纤维布技术解决得顺利,因而值得推广使用。

除了以上的优点之外,碳纤维布还有如透电磁波、绝缘、隔热等优点,使得采用外贴碳纤维布修复混凝土裂缝能产生良好的综合效益。

综上所述,外贴碳纤维布在修复混凝土结构裂缝方面有着诸多优点和便利,同时也能保证混凝土结构日后的正常使用,维持混凝土结构的特性,选择该法对淮安二站主副厂房连系梁裂缝修

复是完全可行的。

### 3 外贴碳纤维布施工工艺和技术要求

在淮安二站加固改造过程中, 采用的外贴碳纤维布修复混凝土结构裂缝的施工流程总结起来为: 卸荷—基面处理和清洗—涂刷底胶—粘贴碳纤维布—养护。下面就对该施工工艺具体流程和各步骤的具体要求进行简述。

#### 3.1 卸荷

在施工过程中, 碳纤维布受力极易产生应变滞后, 影响修复效果, 因此在加固构件前应进行卸荷, 减小混凝土构件已产生的形变, 提高碳纤维布的受力效果。修复前将混凝土结构粉刷层及表面杂物清除, 并凿开保护层直至结构层基面, 方可进行下一步骤工作。

#### 3.2 基面处理和清洗

为保证碳纤维布的粘贴可靠性, 使其和混凝土构件共同发挥作用, 应对碳纤维布粘贴基面进行处理和清洗, 具体步骤如下:

(1) 首先对粘贴基面表面残缺、破损的部分进行剔除直至结构密实部位, 对露出钢筋的部位检查钢筋表面是否锈蚀, 如有锈蚀, 进行必要的除锈处理。

(2) 然后对处理过的混凝土表面和外露钢筋部位, 用高于原构件混凝土强度的环氧砂浆修补, 并进行必要的养护, 保证粘贴面结构的牢靠、稳固。

(3) 接下来对环氧砂浆修复过的部位表面进行打磨、平整。平整后的基面要求表面平顺, 有棱角的部分用磨光机磨圆, 避免产生应力集中, 造成碳纤维布的破损。

(4) 最后清除平整后表面上的残渣、碎屑、粉尘等残留物, 用丙酮或无水酒精擦拭表面, 或清水冲洗, 并待其完全干燥后方可进入下一步骤。

#### 3.3 涂刷底胶

在完成基面处理和清洗后, 须在基面表层涂刷底胶, 方可进行碳纤维布的粘贴, 具体步骤如下:

(1) 按规定比例精确称量底涂树脂的主剂和固化剂, 放入容器中拌合均匀。需要注意的是, 一次称量、调和的底涂树脂量应以在规定时间内用完, 超过规定时间的不得再用, 并且底涂树脂中严禁添加其他溶剂, 以免影响后续的粘贴效果。

(2) 用滚筒在基面表层均匀涂刷底涂树脂, 固

化后若构件表面有突起, 须用砂纸进行磨光。磨光后若露出混凝土基面, 应按上述要求补涂底涂树脂。

#### 3.4 粘贴碳纤维布

完成底胶涂刷后, 进入整个施工过程中最为核心的碳纤维布粘贴环节。在进行粘贴碳纤维布时, 需重点关注以下几点:

(1) 确认粘贴碳纤维布时环境条件

施工环境温度应在  $5^{\circ}\text{C} \sim 35^{\circ}\text{C}$  之间, 相对湿度应小于 80%, 若施工环境不符合上述要求, 在无有效改善措施的情况下不得施工。

(2) 按规定进行碳纤维布保管和裁剪

碳纤维布由于其力学特性, 在运输、储存、裁剪和施工过程中, 严禁弯折, 这一点需特别关注。此外, 粘贴前应用直尺与裁纸刀按规定尺寸裁剪碳纤维布, 每段长度一般不超过 6 m。

(3) 搭接须满足要求

碳纤维布纵向搭接必须在 10 cm 以上, 搭接部位应多涂粘结树脂保证搭接牢靠。碳纤维布横向不需要搭接。

(4) 掌控好“下涂”和“上涂”施工要求

粘贴前用滚筒刷均匀涂抹粘结树脂, 称为“下涂”。粘结树脂的用量根据施工部位及施工面的粗糙程度而变化, 一般来说平整的地方可以适当少涂抹一些, 平整度欠缺的地方需多涂抹一些, 但不管在哪个部位, 粘结树脂必须涂抹均匀。

碳纤维布初次涂刷的粘结树脂基本粘贴牢靠后, 用滚筒刷再次均匀涂抹粘结树脂, 称为“上涂”。上涂和下涂一样, 沿碳纤维方向用力滚压多次, 使粘结树脂充分渗浸, 达到接触部位。

(5) 进行基面表层碳纤维布粘贴的要求

粘贴时, 碳纤维布和基面之间不应残留空气气泡, 避免造成空鼓。可用滚筒沿着纤维方向滚压多次, 角隅处向着角隅滚压, 拱起处向相反的方向滚压, 以达到去除气泡, 接触面粘结树脂均匀摊开的目的。

#### 3.5 养护

完成碳纤维布外贴后, 还需进行必要的养护, 才能保证施工质量, 确保修复效果。养护应关注以下几点:

(1) 完成粘贴后需自然养护 24 h 方可达到初期固化, 期间应保证不受外力干扰, 尤其应避免粘

(下转第 49 页)

~~~~~  
(上接第 45 页)

贴部位受到硬性冲击。

(2) 初期固化之前宜用塑料薄膜、土工布等遮挡,防止风沙、雨水的侵袭。

(3) 碳纤维布粘贴后达到设计强度所需自然养护的时间:平均气温在 10℃以下时为 2 周,平均气温在 10℃以上 20℃以下时为 1~2 周,平均气温高于 20℃时为 1 周。进行自然养护的时间不得低于上述要求。

## 4 结语

淮安二站加固改造工程于 2013 年 4 月完成,其中主副厂房连系梁修复于 2011 年 9 月完成,同年 10 月江苏省水利工程质量中心检测站对修复后的连系梁进行检测,工程强度完全符合使用要求。自连系梁完成修复至今已超过 5 年时间,二站主副厂房连系梁保持外观完整,结构稳定。

淮安二站加固改造工程这一工程实例证明,外

贴碳纤维布修复混凝土结构及构件的补强加固效果十分理想,是一个行之有效的办法。与传统方法相比,碳纤维布优异的力学性能、简便的施工工艺及适用范围广的特点更是得到普遍认同,有着良好的经济效益,具有普适性,值得在类似工程中推广应用。

## 参考文献:

- [1] 张俊耿. 外贴碳纤维布在混凝土结构加固中的应用[J]. 山西建筑, 2010, 36(24): 67-68.
- [2] 吴刚, 吕志涛. 外贴碳纤维布加固混凝土梁的抗剪设计方法[J]. 工业建筑, 2000, 30(10): 35-39.
- [3] 张世铭. 碳纤维混凝土结构加固技术[J]. 建筑建材装饰, 2009, 10(65): 29-31.
- [4] 胡斌, 陈伟伟, 刘跃波. 南水北调东线一期工程淮安二站改造单位工程验收建设监理工作报告[R]. 淮安: 江苏科兴工程建设监理有限公司, 2014.

(责任编辑: 徐丽娜)