

文章编号: 1673-9469(2012)01-0023-03

CFRP 加固技术在某工程中的应用

郑文英¹, 赵慧², 王建祥¹

(1. 新疆农业大学 水利与土木工程学院, 新疆 乌鲁木齐 830052;

2. 新疆建筑科学研究院, 新疆 乌鲁木齐 830054)

摘要: 在实际工程中既有建筑已承受初始荷载, 在加固设计时考虑构件存在二次受力的影响, 经多方案选择比较, 采用性价比高的 CFRP 加固方法。将加固后的框架梁采用 ANSYS 软件进行数值模拟分析, 结果表明应变值沿截面高度在各级荷载作用下, 符合平截面假定, 位移变形在控制范围之内, 能达到工程设计的需要。本文对施工操作方法提出明确要求, 使之更加明确、合理、利于操作。

关键词: CFRP; 加固; 框架梁

中图分类号: TU528

文献标识码: A

Application of the carbon fiber reinforced polymer in strengthening of the building

ZHANG Wen-ying¹, ZHAO Hui², WANG Jian-xiang¹

(1. College of Hydraulic and Civil Engineering, Xinjiang Agricultural University, Xinjiang Urumqi 830052,

China; 2. Xinjiang Research Institute of Building Sciences, Xinjiang Urumqi 830054, China)

Abstract: Considering that the component of building may be affected by the secondary load when the building under initial load was reinforced in the practical project, this paper used CFRP reinforcement method with high performance price ratio to strengthen the building. The numerical simulation analysis of reinforced frame beam was realized by using ANSYS software. The results show that strain along section height under different load levels consistent with the assumption of plane section and the displacement and deformation are in the control range, which can meet the need of engineering design. In this paper, the construction operation method is given definitely, which make the construction more clearer, more reasonable and well operation.

Key words: CFRP; strengthening; concrete beam

本工程位于新疆乌鲁木齐市, 建于 2002 年, 原建筑按“89 规范”设计为地下一层, 地上四层的框架结构, 平面形状设防烈度为 8°, 设计基本地震加速度值为 0.2g, 框架抗震等级为二级, II 类场地类别, 建筑场地属于抗震有利地段, 梁、柱混凝土等级均为 C30。现由于新进设备, 造成一层荷载增加, 通过结构验算, 按现行规范进行整体复核算, 框架梁不满足现行设计要求, 对原有建筑进行加固。

1 加固方案及施工工艺

目前加固的方式较多, 碳纤维加固相比于其他加固方式, 具有更突出的优点: 高强高效、耐腐蚀、不增加结构自重和体积等, 另外因其是一种柔性材料, 可任意裁剪, 适应结构形状的变化, 与结构构件紧密结合, 在加固不规则结构和表面不平整的构件时, 具有明显优势, 所以适用面更广。经多次现场勘查, 反复计算并进行技术经济综合比

收稿日期: 2011-11-12

基金项目: 新疆农业大学校内前期资助项目(XJAU200926)

作者简介: 郑文英(1979-), 女, 河北人, 讲师, 从事建筑结构检测与加固技术的研究。

较,本工程选择粘贴碳纤维的加固方案。需加固工程的平面图见图1。

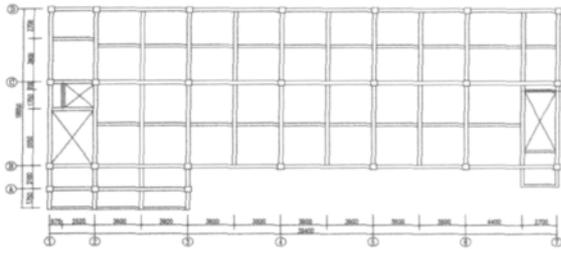


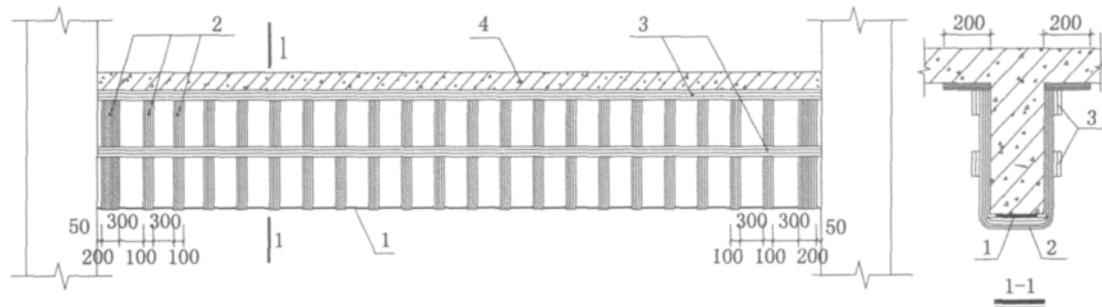
图1 一层平面

Fig.1 The plan of the first floor

2 碳纤维布加固框架梁的设计

使用 CFRP 材料加固构件时,其受力方式设计成承受拉力的作用。受弯承载力提高和延性降低是采用 CFRP 加固混凝土梁的两个主要特征。当 CFRP 的加固量较大时,梁的破坏由混凝土被压碎控制,延性也会大为降低。如果混凝土压碎和 CFRP 拉断同时发生,则破坏模式处于界限状态。即当混凝土压应变达到极限压应变 0.0035^[1]时,CFRP 同时达到极限拉应变 ϵ_{cfpr} 。

$$\epsilon_{cfpr} = \frac{f_{cfpr}}{\gamma_{cfpr} E_{cfpr}}$$



1-梁底粘贴 CFRP; 2-碳纤维 U 形箍; 3-CFRP 压条; 4-板

图2 CFRP加固框架梁示意图

Fig.2 Schematic diagram of CFRP reinforced frame beam

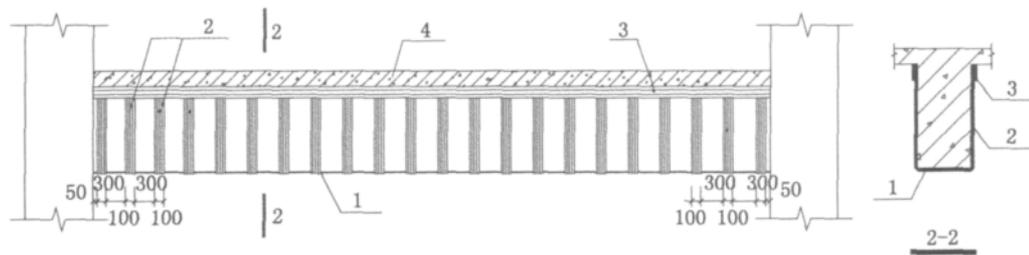


图3 CFRP加固次梁示意图

Fig.3 Schematic diagram of CFRP reinforced beam

式中 f_{cfpr} - CFRP 的抗拉强度; γ_{cfpr} - CFRP 的材料分项系数取 1.25; E_{cfpr} - CFRP 的弹性模量。

在实际工程应用中,加固前自重等初始荷载已经作用于梁上,且初始荷载在将要粘贴 CFRP 的混凝土受拉区边缘产生初始拉应变 ϵ_{ini} ^[2]。因此,在加固设计时,考虑二次受力的影响可以按 Saadatmanesh and Malek 的建议,对 CFRP 的应变值加以修正,CFRP 拉断时的应变为

$$\epsilon_{cfpr\ rrup} = \frac{f_{cfpr}}{\gamma_{cfpr} E_{cfpr}} - \epsilon_{ini}$$

式中 $\epsilon_{cfpr\ rrup}$ - CFRP 拉断时的应变; ϵ_{ini} - 梁受拉面的初始应变。

本次加固设计中采用的 CFRP 进行加固时的抗拉强度为 4000 MPa,弹性模量为 2.3×10^5 MPa,单层厚度为 0.167 mm,伸长率为 1.6。

通过《碳纤维片材加固修复混凝土结构技术规程》^[2],考虑上述二次受力影响,本工程采用碳纤维布加固主梁及次梁施工图细部详见图 2、图 3。

尽管附加锚固措施对于剥离荷载的提高似乎有限,但即使不能完全避免剥离破坏的发生,也可以延迟或防止剥离破坏的出现^[3-6],具体施工时在板底梁边垂直 U 形箍方向粘贴碳纤维压条。

3 有限元分析

本文使用有限元软件 ANSYS 对加固梁进行模拟分析。在实际应用中确定三维条件下混凝土的力学性能是困难的, ANSYS 软件内部设定了专门针对混凝土材料的三维实体单元形式 Solid65, 并建立了三维情况下混凝土破坏准则。用有限元法分析碳纤维布加固混凝土结构的有限元与一般固体力学中的有限元分析, 在基本原理与方法上是一样的, 但如何进行结构离散化时, 又有其特殊性。因为一方面钢筋混凝土结构是由钢筋和混凝土两种不同的材料所组成; 另一方面还要考虑粘结层和碳纤维布两种材料的特殊性质。实际工程中, CFRP 一般大多采用现场粘贴方式, 其胶层和纤维之间很难清晰地加以区分。因此, 本文使用片材的实际厚度建立有限元模型, 采用的有关本构关系如图 4。

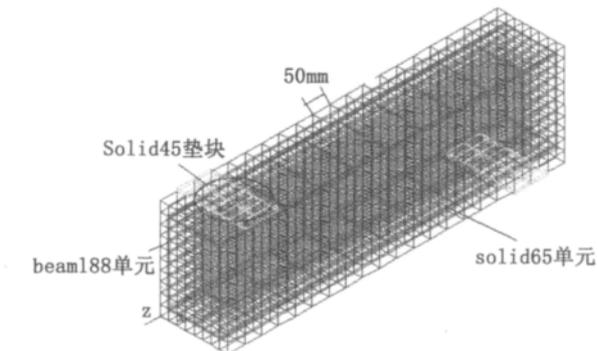


图4 模型梁的单元划分及网格划分
Fig.4 Model beam unit and grid

混凝土开裂时, 裂缝之间的距离是混凝土最大骨料尺寸的很多倍。因此, 进行有限元分析时, 当混凝土材料使用弥散式裂缝模型, 混凝土单元的尺寸应当为最大骨料尺寸的 2-3 倍, 才可以较为准确的模拟裂缝的开裂情况。从模拟计算结果看, 应变值沿截面高度在各级荷载作用下, 符合平截面假定, 位移变形在控制范围之内, 能达到工程设计的需要。

4 结语

既有建筑的加固情况非常复杂, 在对其进行抗震加固时, 选择适当的加固方案是关键问题, 统筹兼顾, 目的明确, 措施得当, 就能有效实现设计意图。CFRP 加固方法在满足加固要求的同时, 施工简便, 工期短, 对周围环境影响也较小。该工程加固后已正常使用, 结构整体和加固部位均满足预期要求。

参考文献:

- [1] GB50010-2001, 混凝土结构设计规范[S].
- [2] CECS 146:2003 碳纤维片材加固修复混凝土结构技术规程[S].
- [3] 滕锦光, 陈建飞, S T 史密斯, 等. FRP 加固混凝土结构[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2004.
- [4] GB50367-2006, 混凝土结构加固设计规范[S].
- [5] 石欠欠, 姜新佩. 基于 Ansys 碳纤维加固混凝土梁的裂缝模拟分析[J]. 河北工程大学学报: 自然科学版, 2010, 27(2): 25-29.
- [6] 姜新佩, 孙燕, 刘丽娜. 预应力碳纤维加固 RC 梁挠度和裂缝计算[J]. 河北工程大学学报: 自然科学版, 2008, 25(4): 10-13.

(责任编辑 刘存英)