

文章编号:1005-0523(2011)02-0070-04

BFRP约束钢筋混凝土方柱轴压过程的有限元分析

吴秋兰,童谷生,刘永胜

(华东交通大学土木建筑学院,江西 南昌 330013)

摘要:采用ANSYS有限元软件,对玄武岩纤维布(BFRP)约束钢筋混凝土方柱轴压进行了有限元建模和数值计算,得到了BFRP约束混凝土的荷载-应变曲线,并与试验结果进行了对比分析。结果表明,有限元方法可较好地模拟BFRP约束混凝土柱的轴心受压力学性能。

关键词:BFRP;钢筋混凝土方柱;力学性能;有限元

中图分类号:TU.377

文献标识码:A

纤维复合材料(fiber reinforced polymer or plastics, FRP)加固技术是一种新型的混凝土结构加固修补技术。它利用浸渍树脂将纤维布粘贴于混凝土表面,共同工作,达到对混凝土结构构件的加固补强。较传统的结构加固方法,FRP加固技术最明显的优点主要体现在高强高效、施工便捷、具有极佳的耐腐蚀性能、适用面广、施工质量易保证、耐疲劳性能好^[1-2]。目前,国内外利用有限元分析软件ANSYS对FRP加固混凝土梁的分析研究进行了不少,但对于FRP约束混凝土柱的非线性分析仍比较少^[3-6]。本文采用ANSYS对玄武岩纤维增强复合材料(BFRP)约束几何相似的钢筋混凝土方柱进行了数值模拟,并与材料试验得到的力学性能结果进行比较,结果表明,有限元法可以较好地模拟FRP钢筋混凝土方柱轴压的力学响应。

1 有限元模型的建立

1.1 基本假设

为了简化计算,根据弹性理论和平截面假定,本文作如下假设:

- 1) 钢筋与混凝土材料之间为刚性联结、无滑移。
- 2) 碳纤维布与混凝土材料之间粘结完好,无脱落现象;碳纤维布和混凝土之间无相对滑移。
- 3) 有限元模型在整个受力过程中始终保持平截面。

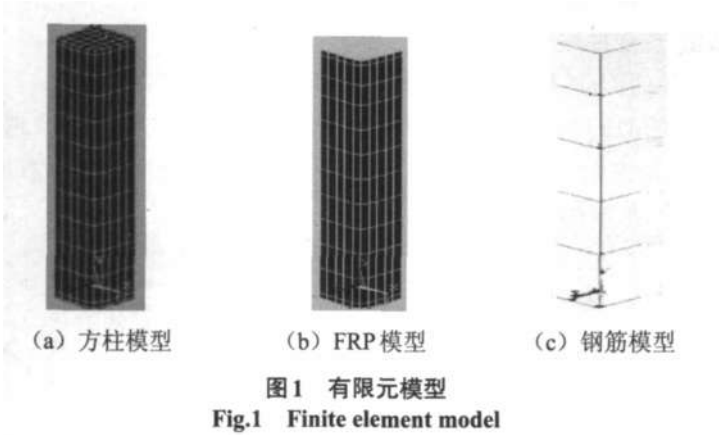
1.2 模型的建立

本文采用分离式建模^[7]。混凝土采用SOLID65单元(8节点6面体单元),钢筋采用Link8单元(材料为等质两节点的杆单元)。用工作平面对模型划分出体线,分别赋予体线为纵筋和箍筋的单元属性。在模型表面赋予BFRP的单元属性。合并压缩所有节点,使混凝土与纤维布共用节点^[8-9]。图1为约束方柱的有限元分析模型。加载时假设柱两端固定,自由度协调一致,采用等位移方式分级多荷载步加载。

收稿日期:2010-01-13

基金项目:江西省自然科学基金项目(2009GZC0019);江西省青年科学基金项目(2008GQC0050);铁路环境振动与噪声教育部工程研究中心项目

作者简介:吴秋兰(1980—),女,硕士,主要研究方向为混凝土力学性能分析。



2 模拟结果及分析

2.1 模拟结果

模拟得到方BFRP方柱试件的极限荷载如表1所示。

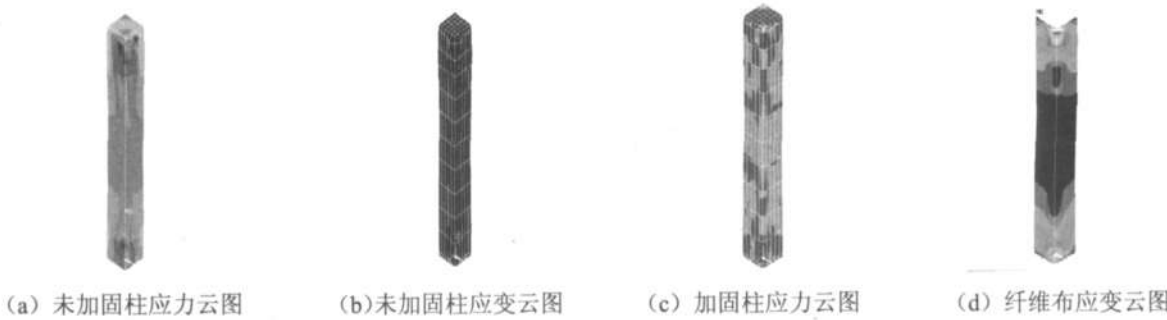
表1 模拟方柱极限荷载值

Tab.1 Limit load value of simulation square columns

试件编号	试件尺寸/mm×mm×mm	加固层数/层	极限荷载/kN	提高幅度/%	极限强度/MPa
A0	100×100×500	0	345.8	—	34.58
A2	100×100×500	2	496.9	43.7	49.69
B0	150×150×750	0	766.4	—	34.06
B3	150×150×750	3	1 090.4	42.28	48.46
C0	200×200×1 000	0	1 325.2	—	33.13
C4	200×200×1 000	4	1 929.6	45.61	48.24

由表1可知:采用BFRP对钢筋混凝土方柱进行约束加固后,可以明显提高柱的极限强度,但强度提高幅度却不是随加固层数的增加而成线性增加的;另外,由表1可以看出,随着试件尺寸增大,极限荷载增大,但强度却下降。这说明采用有限元计算的方法同样也证明了BFRP增强钢筋混凝土方柱试件尺寸效应的存在。

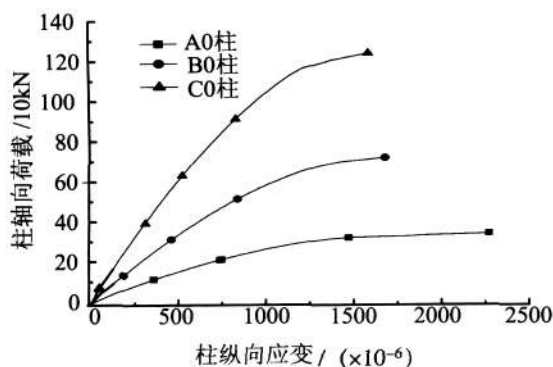
图2为典型应力应变云图。从模拟得到的应力应变云图可以看出,无论是未加固柱还是加固柱,在靠近柱两端的部分区域应力大,变形也较大,中间区域应力相对柱两端小。因此,为了防止柱两端过早破坏而导致试验的失败,有必要试验前对柱两端进行加固。对于约束柱,应力在倒角处达到最大,倒角处容易产生应力集中。



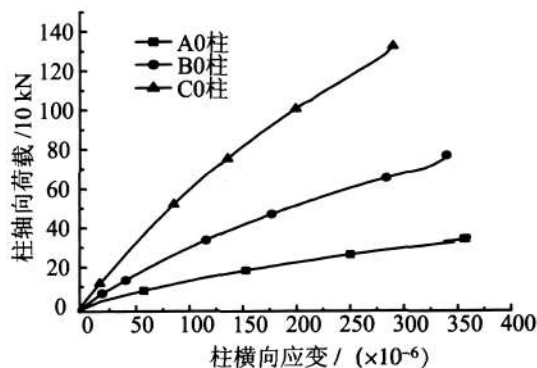
2.2 不同尺寸试件的荷载-应变曲线对比分析

模拟得到不同尺寸试件的荷载-应变曲线如图3所示。

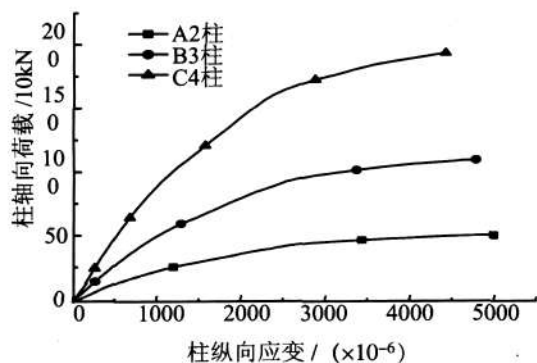
从图3可以发现:几何相似的钢筋混凝土方柱的尺寸越大,承受的极限荷载越大,但极限应变有所下降,即延性没有随着尺寸的增大而提高,反而下降。从模拟荷载-应变曲线可以看出,BFRP约束钢筋混凝土方柱的强度具有尺寸效应,尺寸越大,强度越低。



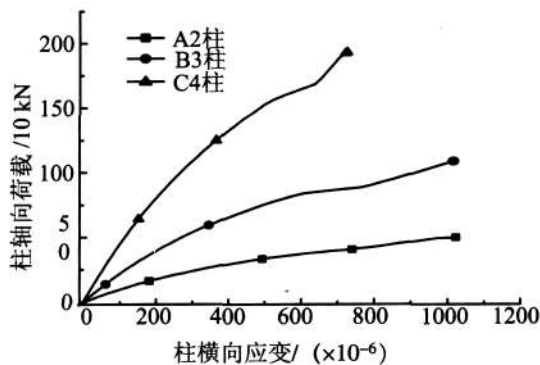
(a) 未加固柱的荷载-纵向应变曲线



(b) 未加固柱荷载-横向应变曲线



(c) 加固柱荷载-纵向应变曲线



(d) 加固柱荷载-横向应变曲线

图3 模拟荷载-应变曲线

Fig.3 Simulated load-strain curve

3.3 模拟结果与试验值的对比分析

为了验证有限元分析的可靠性,本文将试验中未加固柱和加固柱强度值和荷载值^[10]与ANSYS模拟分析值进行了对比。对比情况如表2所示。

表2 试验值与模拟值的对比

Tab.2 Contrast of test value and the simulation value

编号	试件尺寸/mm×mm×mm	试验强度/MPa	试验荷载/kN	模拟强度/MPa	模拟荷载/kN	差值/%
A0	100×100×500	37.20	371.5	34.58	345.80	7.0
B0	150×150×750	39.50	888.8	34.06	766.35	13.8
C0	200×200×1 000	41.43	1 657.5	33.13	1 325.20	20.0
A2	100×100×500	49.80	498.0	49.69	496.90	0.2
B3	150×150×750	48.67	1 095.0	48.46	1 090.40	0.4
C4	200×200×1 000	48.30	1 913.0	48.24	1 913.10	0.1

从表2可以看出,ANSYS模拟值与试验值相比,吻合良好,大部分差值都在15%以内,部分差值还在10%以内,采用ANSYS来分析BFRP布约束钢筋混凝土轴心受压柱破坏荷载和强度时,所选择的计算模型

和单元类型是合理的,计算结果是可靠的。

3 结论

本文采用的有限元模拟方法,对BFRP约束钢筋混凝土方柱的轴压过程进行了分析。得到了以下结论:

1) BFRP约束钢筋混凝土方形柱的强度和延性相比相应尺寸的未加固柱均明显提高,全包纤维布对混凝土的约束效果很明显;

2) 几何相似的钢筋混凝土方形柱强度存在尺寸效应现象,尺寸越大,极限荷载越大,但其极限强度反而越小;

3) 有限元分析值与实验值吻合较好,说明了模拟过程中所选择的单元类型、本构关系和有限元模型是合理的。采用ANSYS分析BFRP布约束钢筋混凝土轴心受压柱破坏荷载和强度时,试验结果是可靠的,其计算的值可供工程结构加固设计参考。

参考文献:

- [1] 赵彤,谢剑.碳纤维布补强加固混凝土结构新技术[M]. 天津:天津大学出版社,2001.
- [2] 高作平,陈明祥.混凝土结构粘贴加固技术进展[M]. 北京:中国水利水电出版社,1999.
- [3] 倪玉山,张琦.混凝土断裂尺寸效应的研究进展[J]. 力学进展,1997,2(1):97-104.
- [4] THERIAULT M, NEALE KW, CLAUDE S. Fiber-reinforced polymer confined circular concrete columns[J]. Journal of Composites for Construction, 2004, 8(4): 323-331
- [5] MARK J M, TREVOR N G, NIGEL G S. Size effect in axially loaded square-section concrete prisms strengthened using carbon fibre reinforced polymer wrapping[J]. Canadian Journal of Civil Engineering, 2004, 31(12): 67-69
- [6] 李静,钱稼茹,蒋剑彪,等.纤维布(FS)约束混凝土矩形柱轴心受压试验及非线性有限元分析[J]. 建筑结构学报,2004,25(2):110-117.
- [7] 博嘉科技. 有限元分析软件—ANSYS融会贯通[M]. 北京:中国水利水电出版社,2002.
- [8] 郝文化. ANSYS土木工程应用实例[M]. 北京:中国水利水电出版社,2005.
- [9] 陆新征,腾锦光,叶列平,等. FRP加固混凝土梁受弯剥离破坏的有限元分析[J]. 工程力学,2006,23(6):85-93.
- [10] 祝军权. 纤维布加固方形钢筋混凝土柱力学性能尺寸效应研究[D]. 南昌:华东交通大学,2008.

Finite Element Analysis on the Compression Course of RC Quadrate Columns Confined by BFRP

Wu Qiulan, Tong Gusheng, Liu Yongsheng

(School of Civil Engineering and Architecture, East China Jiaotong University, Nanchang 330013, China)

Abstract: The axial compression courses of the reinforced concrete quadrate columns confined by basalt fiber (BFRP) are simulated by ANSYS, and the load-strain curve of the specimen is obtained. The comparing results show that the method of FEM can be used to simulate the axial loaded behavior of concrete columns confined by BFRP.

Key words: BFRP; steel reinforced concrete quadrate column; mechanics performance; FEM