

高强钢绞线网—聚合物砂浆加固 混凝土柱的受力机理研究

曹忠民 编著

中国建筑工业出版社

高强钢绞线网-聚合物砂浆加固 混凝土柱的受力机理研究

曹忠民 编著



中国建筑工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

高强钢绞线网-聚合物砂浆加固混凝土柱的受力机理研究/曹忠民编著. —北京: 中国建筑工业出版社, 2018.9
ISBN 978-7-112-22410-4

I. ①高… II. ①曹… III. ①钢筋混凝土柱-受力性能-研究
IV. ①TU375.302

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 145976 号

本书详细介绍了高强钢绞线网-高性能砂浆加固混凝土柱的受力机理研究。内容主要包括: 高强钢绞线网-高性能砂浆约束混凝土柱受力性能研究; 高强钢绞线网-聚合物砂浆加固混凝土柱的应力-应变关系; 横向预应力钢绞线-聚合物砂浆加固小偏心受压柱试验研究; 横向预应力钢绞线-聚合物砂浆加固钢筋混凝土偏压柱有限元分析; 预应力钢绞线网-高性能砂浆加固 RC 柱抗震性能试验研究; 预应力钢绞线网-高性能砂浆加固柱抗震性能分析研究。

本书可供广大建筑工程技术人员及土木工程专业的教师和研究生参考。

责任编辑: 刘婷婷 王 梅

责任设计: 李志立

责任校对: 李美娜

高强钢绞线网-聚合物砂浆加固混凝土柱的受力机理研究

曹忠民 编著

*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京海淀三里河路9号)

各地新华书店、建筑书店经销

北京红光制版公司制版

北京建筑工业印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 25 $\frac{3}{4}$ 字数: 638 千字

2018 年 9 月第一版 2018 年 9 月第一次印刷

定价: 80.00 元

ISBN 978-7-112-22410-4

(32283)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

前 言

高强钢绞线网-聚合物砂浆加固技术是一项新型的结构加固技术。钢绞线的强度高、耐腐蚀性能好；聚合物砂浆与混凝土的粘结性能好、耐久性和耐火性能好、加固施工简便，所以该加固技术具有比较广阔的应用前景。钢筋混凝土柱一旦破坏往往会导致严重的灾害，因此为了减轻柱破坏造成的损失，对钢筋混凝土柱进行加固机理的研究是十分必要的。

本课题围绕“高强钢绞线网-高性能砂浆加固钢筋混凝土柱的受力机理”展开一系列的研究：通过试验研究和理论分析，研究加固柱的力学性能；建立加固柱的设计计算方法和实用的计算公式；建立加固钢筋混凝土柱的本构模型和抗震加固柱的恢复力模型。

本书主要包括以下几个方面的内容：

(1) 高强钢绞线网-高性能砂浆约束混凝土柱受力性能研究。通过 4 组共 24 根试件对高强钢绞线网-高性能砂浆加固混凝土柱进行受力性能试验研究，试验中主要考虑了混凝土强度、混凝土类型和钢绞线网间距等因素对混凝土柱约束效果的影响。

基于试验研究和矩形箍筋作用机理，分析钢绞线在轴压力作用下约束方形混凝土柱的机理，并通过线性回归分析得到了钢绞线约束混凝土的峰值应力与应变的计算公式，在此基础上提出高强钢绞线网-高性能砂浆约束混凝土的应力-应变关系，同时推导出高强钢绞线网-高性能砂浆加固柱的轴向承载力计算公式。最后把高强钢绞线网-高性能砂浆约束混凝土棱柱体的应力-应变关系应用到已有文献的设计计算中，试验结果与计算结果吻合较好，可以为实际工程计算提供参考。

(2) 钢绞线网加固钢筋混凝土柱的应力-应变关系研究。首先分析约束混凝土柱较为典型的峰值应力、峰值点应变以及应力-应变关系曲线的计算模型，将这些模型应用到文献中钢绞线网-聚合物砂浆加固混凝土柱的计算中，分析比较这些典型的峰值点应力、应变计算模型。对影响钢绞线网加固混凝土柱轴压性能的因素进行了参数分析。

推导适用于钢绞线网约束混凝土柱峰值应力的计算模型；建立钢绞线网约束混凝土柱应力-应变关系分析模型，并编制计算机程序，通过程序计算了相关文献中钢绞线网-聚合物砂浆加固混凝土柱轴压试验的峰值点应力、应变以及应力-应变关系曲线。将提出的钢绞线网约束混凝土柱应力-应变关系分析模型的计算流程应用到预应力钢带约束混凝土柱中。结合理论分析结果，将不同截面形状、不同混凝土强度、不同钢绞线间距的钢绞线网-聚合物砂浆加固混凝土柱的试验数据进行归一化并回归分析，得到了钢绞线网约束混凝土柱的应力-应变关系设计模型。

将提出的钢绞线网约束混凝土应力-应变关系模型应用到钢绞线网-聚合物砂浆加固钢筋混凝土柱在低周反复荷载作用下以及偏压作用下的力学研究中。利用力的平衡、变形协调以及条带法，通过编制计算机程序计算出在低周反复荷载作用下钢绞线网-聚合物砂浆加固钢筋混凝土柱的骨架曲线，以及钢绞线网-聚合物砂浆加固钢筋混凝土偏压柱的极限承载力。

(3) 钢绞线网加固柱偏压受力性能的研究。高强钢绞线-高性能砂浆加固小偏心受压

柱试验研究,对5根小偏心受压钢筋混凝土柱进行了试验,其中4根为施加了不同大小的初始预应力和不同偏心距的试验柱。探讨了初始预应力、偏心距等因素对横向预应力钢绞线-高性能砂浆加固效果的影响,研究了加固后小偏心受压柱的破坏特征、裂缝形态以及各材料关于荷载-应变的发展规律,分析了加固构件的极限承载力和变形性能等。从试验结果分析得出,横向预应力钢绞线-聚合物砂浆加固后小偏压RC柱的极限承载力和变形性能均得到了明显提高和改善。结合试验数据和试验现象,对加固小偏压RC柱进行受力机理分析,借鉴所适用的约束混凝土的基本原理及模型,提出约束混凝土峰值应力、应变的计算方法;推导出加固小偏压柱极限承载力简化计算公式。

(4) 运用有限元软件 ABAQUS 模拟了试验当中的预应力钢绞线-聚合物砂浆加固小偏心受压钢筋混凝土柱,有限元模拟结果与试验结果吻合较好,在此基础上,建立多组横向预应力钢绞线-聚合物砂浆加固钢筋混凝土柱的有限元模型,包括5种预应力水平、6种偏心距、3种钢绞线间距,研究加固后偏心受压柱的破坏特征、各材料关于荷载-应变的发展规律。提出了预应力钢绞线约束混凝土峰值应力、应变的计算方法,结合相应的设计规范提出此加固方法下的简化设计公式。

(5) 完成8根柱试件在低周往复作用下的抗震试验,探究钢绞线预应力水平、钢绞线特征值、轴压比等参数对加固RC柱抗震性能的影响。分析了各试件在往复荷载作用下裂缝开展模式、刚度退化、耗能能力、延性变化等抗震参数的发展规律,以及各试验参数对加固RC柱抗震性能的影响。通过采用合理的材料本构模型,基于平截面假定,并结合恢复力模型滞回规则,考虑轴压比、配箍率以及钢绞线特征值对截面刚度变化影响,对试件的恢复力模型曲线进行研究分析,得到的恢复力模型曲线与试验曲线相吻合。

(6) 采用有限元软件对低周反复荷载作用下的预应力钢绞线网-聚合物砂浆加固柱进行模拟分析,考虑轴压比、预应力水平、混凝土强度和配箍率等参数对加固柱抗震性能的影响。通过引入钢绞线约束折减系数对混凝土本构模型进行修正,并对钢筋采用非线性随动强化模拟,使模拟结果与试验结果吻合较好。在模拟结果的基础上,结合已有试验数据,利用灰色关联理论进行模型输入变量选择,建立了基于径向神经网络模型的延性分析模型并进行预测,进而研究轴压比、钢绞线间距、预应力水平因素对加固柱延性的影响规律。分析轴压比、预应力水平和配箍率对钢绞线约束折减系数的影响,通过考虑塑性铰对构件位移的影响,给出加固柱正截面承载力的理论计算方法,并结合回归的加卸载刚度公式,提出预应力钢绞线加固柱恢复力模型。

本书的成果主要由作者指导的多位硕士研究生和作者多年研究成果的积累及整理而得,其中研究生有王嘉琪、冯灵强、葛超、熊凯、邱荣文、林鹤云、赖恒力等。本书成果的研究项目得到了多项国家级、省部级、厅级课题的经费资助,其中包括国家自然科学基金项目(51368019)“钢绞线网-高性能砂浆加固混凝土柱的受力机理研究”、江西省科技厅项目(20122BBG70168)“高强钢绞线网-高性能砂浆技术在减灾防灾中的应用研究”、江西省教育厅科技项目(GJJ 10461)“高强钢绞线网-高性能砂浆加固混凝土柱的受力性能研究”、江西省教育厅科技项目(GJJ 13327)“预应力高强钢绞线网-高性能砂浆加固技术的应用研究”。对以上支持和帮助特在此致谢!

在本书出版之际,向所有关心、支持并为本书作过贡献的单位和个人表示衷心的感谢。同时,由于水平有限,书中难免有不完善之处,敬请读者及时指正。

目 录

第一篇 高强钢绞线网-高性能砂浆约束混凝土柱受力性能研究

第 1 章 绪论	3
1.1 加固的重要性	3
1.2 混凝土柱的加固介绍	4
1.3 高强钢绞线网-聚合物砂浆面层加固法	6
1.4 高强钢绞线网-聚合物砂浆加固法的研究现状	7
1.5 本篇研究的意义及主要内容	10
1.6 本章小结	11
第 2 章 高性能无机复合砂浆的试制	12
2.1 概述	12
2.2 高性能砂浆的配制材料	12
2.3 配合比设计	14
2.4 砂浆性能测试	15
2.5 本章小结	16
第 3 章 高强钢绞线网-高性能砂浆约束混凝土柱的试验设计	17
3.1 试验方案	17
3.2 试件材料性能测试	19
3.3 加固方案	21
3.4 测量方案及加载方案	22
3.5 本章小结	24
第 4 章 高强钢绞线网-高性能砂浆约束混凝土的试验结果分析	25
4.1 试验现象和破坏模式	25
4.2 试验结果分析	27
4.3 影响约束性能的参数分析	31
4.4 本章小结	32
第 5 章 高强钢绞线网-高性能砂浆约束柱的理论分析	34
5.1 约束作用机理	34
5.2 应力与应变关系	36
5.3 约束轴心受压方柱的极限承载力计算公式	41
5.4 理论分析的应用	44
5.5 本章小结	46

第 6 章 本篇结论和展望	47
6.1 结论	47
6.2 展望	47
参考文献	48
第二篇 高强钢绞线网-聚合物砂浆加固混凝土柱的应力-应变关系研究	
第 7 章 绪论	53
7.1 前言	53
7.2 混凝土柱加固技术概述	53
7.3 钢绞线网-聚合物砂浆加固混凝土柱研究现状	55
7.4 约束混凝土研究现状	57
7.5 本篇研究的意义及主要内容	60
7.6 本章小结	61
第 8 章 典型约束模型的比较及参数分析	62
8.1 引言	62
8.2 典型约束模型介绍	62
8.3 计算模型比较	65
8.4 钢绞线网加固混凝土柱的参数分析	68
8.5 本章小结	72
第 9 章 钢绞线网约束混凝土的应力-应变关系模型	73
9.1 引言	73
9.2 钢绞线网约束混凝土柱应力-应变关系分析模型	73
9.3 钢绞线网约束混凝土柱应力-应变关系设计模型	85
9.4 本章小结	89
第 10 章 钢绞线网约束混凝土应力-应变模型的应用	91
10.1 引言	91
10.2 钢绞线网约束混凝土应力-应变模型	92
10.3 荷载-位移骨架曲线模型	92
10.4 钢绞线网加固钢筋混凝土偏压柱正截面承载力计算	97
10.5 本章小结	99
第 11 章 本篇结论和展望	100
11.1 结论	100
11.2 展望	101
参考文献	102
第三篇 横向预应力钢绞线-聚合物砂浆加固小偏心受压柱的试验研究	
第 12 章 绪论	107
12.1 引言	107
12.2 混凝土柱加固技术综述	108

12.3	钢绞线网-聚合物砂浆加固混凝土柱的研究现状	110
12.4	本篇研究的意义及主要内容	112
12.5	本章小结	113
第 13 章	预应力钢绞线网-聚合物砂浆加固小偏压柱试验设计	114
13.1	试验目的	114
13.2	试件设计及制作	115
13.3	横向钢绞线预应力施加	117
13.4	试件材料性能测试	118
13.5	试验测量方案及加载方案	121
13.6	本章小结	122
第 14 章	预应力钢绞线-聚合物砂浆加固小偏压柱的试验现象及结果 分析	123
14.1	试验现象	123
14.2	承载力及挠度变形分析	126
14.3	应变分析	128
14.4	试验参数分析	131
14.5	本章小结	133
第 15 章	横向预应力钢绞线-聚合物砂浆加固柱承载力分析	134
15.1	横向预应力钢绞线主动约束机理分析	134
15.2	约束混凝土计算模型和应力-应变模型	135
15.3	横向预应力钢绞线约束混凝土极限强度和峰值应变的计算模型	138
15.4	加固混凝土柱正截面承载力计算	141
15.5	承载力简化计算	142
15.6	简化公式的运用	144
15.7	本章小结	146
第 16 章	本篇结论和展望	147
16.1	结论	147
16.2	展望	147
	参考文献	149
第四篇	横向预应力钢绞线-聚合物砂浆加固钢筋混凝土偏压柱的有限元分析	
第 17 章	绪论	153
17.1	引言	153
17.2	混凝土柱加固技术	154
17.3	钢绞线网-聚合物砂浆加固混凝土柱的研究现状	156
17.4	本篇研究的主要内容	157
第 18 章	横向预应力钢绞线-聚合物砂浆加固小偏心受压柱的有限元建模和 验证	159
18.1	材料的本构模型	159

18.2	数值建模几个关键问题	161
18.3	验证试验概况	164
18.4	有限元模拟和试验的对比	166
18.5	本章小结	171
第 19 章	横向预应力钢绞线网-聚合物砂浆加固钢筋混凝土柱的影响参数有 限元分析	172
19.1	有限元模型介绍	172
19.2	钢绞线间距对柱的影响	174
19.3	预应力水平对柱的影响	176
19.4	偏心距对柱的影响	182
19.5	各参数对柱延性的影响	182
19.6	本章小结	184
第 20 章	横向预应力钢绞线-聚合物砂浆加固偏压柱的承载力分析	185
20.1	约束混凝土概述	185
20.2	约束混凝土计算模型和应力-应变模型	185
20.3	峰值应力与峰值应变	187
20.4	承载力计算	188
20.5	本章小结	191
第 21 章	本篇结论和展望	192
21.1	结论	192
21.2	展望	192
	参考文献	193

第五篇 预应力钢绞线网-高性能砂浆加固 RC 柱抗震性能的试验研究

第 22 章	绪论	199
22.1	引言	199
22.2	现有 RC 柱加固方法概述	200
22.3	高强钢绞线网-聚合物砂浆加固技术研究现状	201
22.4	加固 RC 柱抗震研究的存在问题	204
22.5	本篇研究内容	205
22.6	本章小结	205
第 23 章	预应力钢绞线网加固 RC 柱抗震试验设计	206
23.1	试验目的	206
23.2	试件设计及制作	206
23.3	试件加固施工过程	208
23.4	加载方案及测试内容	212
23.5	试件材料强度测试	214
23.6	本章小结	216

第 24 章 预应力钢绞线网加固 RC 柱抗震性能试验现象及结果分析	217
24.1 概述	217
24.2 试验破坏现象	217
24.3 应变分析	220
24.4 试验结果分析	222
24.5 试验参数分析	229
24.6 加固抗震延性计算	231
24.7 本章小结	232
第 25 章 预应力钢绞线网加固 RC 柱恢复力模型研究	234
25.1 概述	234
25.2 高强钢绞线加固 RC 柱恢复力模型现状	234
25.3 材料本构模型	235
25.4 截面非线性分析	237
25.5 分析结果	239
25.6 本章小结	243
第 26 章 本篇结论和展望	244
26.1 结论	244
26.2 展望	245
参考文献	246
 第六篇 预应力钢绞线网-高性能砂浆加固柱抗震性能分析	
第 27 章 绪论	251
27.1 引言	251
27.2 结构加固	253
27.3 高强钢绞线网-聚合物砂浆加固法研究现状	254
27.4 加固 RC 柱的抗震性能数值分析研究	256
27.5 本篇研究的主要内容	258
27.6 本章小结	258
第 28 章 预应力钢绞线网-高性能砂浆加固柱有限元建模和验证	259
28.1 建立有限元分析模型	259
28.2 有限元模型验证	270
28.3 本章小结	275
第 29 章 预应力钢绞线网-高性能砂浆加固柱抗震性能参数分析	276
29.1 轴压比对抗震性能的影响	276
29.2 预应力水平对抗震性能的影响	280
29.3 混凝土强度对抗震性能的影响	289
29.4 配箍率对抗震性能的影响	293
29.5 本章小结	296

第 30 章 预应力钢绞线网-高性能砂浆加固柱位移延性系数研究	298
30.1 径向基神经网络基本原理及模型	298
30.2 径向基神经网络建立及验证	301
30.3 位移延性系数主要因素分析	305
30.4 延性公式拟合	307
30.5 钢绞线材料加固量的计算	308
30.6 本章小结	311
第 31 章 预应力钢绞线网-高性能砂浆加固柱恢复力模型研究	313
31.1 恢复力模型的介绍及确定方法	313
31.2 预应力钢绞线加固柱骨架曲线确定	314
31.3 加卸载刚度退化规则	318
31.4 滞回规则	322
31.5 模型结果对比	322
31.6 本章小结	324
第 32 章 本篇结论和展望	326
32.1 结论	326
32.2 展望	327
参考文献	328
第七篇 预应力高强钢绞线网-聚合物砂浆加固柱抗震性能数值模拟研究	
第 33 章 绪论	335
33.1 前言	335
33.2 常用加固技术概述	337
33.3 高强钢绞线网-聚合物砂浆加固技术研究现状	339
33.4 本篇研究内容	343
33.5 本章小结	344
第 34 章 预应力钢绞线网加固混凝土柱有限元建模与验证	345
34.1 ABAQUS 软件简介	345
34.2 有限元分析模型的建立	346
34.3 有限元分析模型的验证	359
34.4 本章小结	364
第 35 章 预应力钢绞线网加固柱抗震性能的影响因素分析	366
35.1 引言	366
35.2 预应力水平对抗震性能的影响	366
35.3 轴压比对抗震性能的影响	373
35.4 钢绞线间距对抗震性能的影响	379
35.5 本章小结	382
第 36 章 预应力钢绞线网加固柱位移延性系数研究	384
36.1 灰色系统理论	384

36.2 灰色关联分析.....	384
36.3 延性公式拟合.....	391
36.4 本章小结.....	392
第 37 章 本篇结论和展望	393
37.1 结论.....	393
37.2 展望.....	394
参考文献.....	395

第一篇

高强钢绞线网-高性能砂浆约束 混凝土柱受力性能研究

摘要

高强钢绞线网-高性能砂浆这种新型的混凝土结构加固技术在加固工程领域内逐步得到应用,与传统的碳纤维和粘钢等加固技术相比,具有耐火和耐久性好,施工便捷和应用范围广等优点,是一种具有广阔发展前景的加固方法。研究高强不锈钢绞线网-高性能砂浆约束混凝土柱受力性能是必要的,而现今国内外在这方面的研究很缺乏。

本篇先研究在实验室条件下高性能无机砂浆的制作,并对实验室配比下的高性能砂浆进行了抗压性能测试,测试结果表明配比制作的高性能砂浆满足混凝土结构加固设计规范中的承重结构加固用聚合物砂浆基本性能指标。

通过4组共24根试件对高强钢绞线网-高性能砂浆加固混凝土棱柱体进行受力性能试验研究,试验中主要考虑了混凝土强度、混凝土类型和钢绞线网间距等因素对混凝土柱约束效果的影响。试验结果表明:无论在何种影响参数下,高强钢绞线网-高性能砂浆加固混凝土柱的受压性能都得到了改善,构件的极限承载力和延性也都得到了相应的增加,能够有效地约束混凝土柱;混凝土棱柱体加固后的极限荷载提高幅度为30%~60%;素混凝土加固柱的承载力提高效果优于钢筋混凝土柱,低强度混凝土的加固效果最为明显,相对提高幅度为12%~17%;钢线网间距越小对核芯混凝土的约束力越大,其相对提高幅度为7%~18%。

基于试验研究和矩形箍筋作用机理,分析钢绞线在轴压力作用下约束方形混凝土柱的机理,并通过线性回归分析得到了钢绞线约束混凝土的峰值应力与应变的计算公式,在此基础上提出高强钢绞线网-高性能砂浆约束混凝土的应力-应变关系,同时推导出高强钢绞线网-高性能砂浆加固柱的轴向承载力计算公式。最后把高强钢绞线网-高性能砂浆约束混凝土棱柱体的应力-应变关系应用到已有文献的设计计算中,通过比较,试验结果与计算结果吻合较好,可以为实际工程计算提供参考。

第 1 章 绪 论

1.1 加固的重要性

目前,工程中的建筑物大多会随着日积月累的使用和消耗而丧失了原来相对完备的实用性,或因技术条件的制约而不得不废弃,这对社会资源无疑是一种浪费。如何能够增加建筑物的使用寿命并最大程度地发挥这些建筑物的使用性能呢?一般来说,根据现有的技术,针对不同建筑物所面临的不同问题,大致可以使用以下方式来操作。首先,对于建筑物内部构造中已经完全丧失实用功能的结构材料和结构构件等进行拆换或修理,并对其外观进行一定的修复作业;其次,对于建筑物材料、结构构件、配件等采取必要的保护手段,最大限度地降低环境对其造成的负面影响;最后,对年代久远但仍未丧失使用功能的建筑物或其内部结构构件进行一定程度的加固、改造或拆换,使其能够最大程度地发挥其使用性能。

三十年多来,随着改革开放的深入发展,全国各地为谋求发展而大兴土木,建筑业已经成为拉动国民经济增长点的重要行业。在经济高速增长的同时,一些年代久远的破旧建筑物与其发展步伐的不同步也日益显著,甚至成为经济发展的障碍,有的甚至严重制约着生产的发展。针对这种情况,一些建筑从业者为解决现状,开展了对旧建筑物使用性能的诊断、修复、加固等技术一系列的研究工作,并取得了一定的进展。近些年,建筑行业的异常火热吸引了大量人才的涌入,其中人才质量参差不齐。为此,提高我国建筑业的整体水平并统一技术标准势在必行。经过相关标准制定部门不懈的努力,业已成型的和正在编制中的技术标准已有 20 余种,如《混凝土结构加固设计规范》GB 50367—2013、《钢结构加固技术规范》CECS77:96、《砌体工程现场检测技术标准》GB/T 50315—2011、《钢结构检测评定及加固技术规程》YB 9257—1996。为进一步推动我国建筑行业技术的发展壮大,全国建筑物鉴定与加固标准技术委员会也多次举办学术活动,进行广泛深入的技术研讨和交流,从建筑行业的目前状况来看,这些举措都取得了显著的成效。

与发达国家相比,我国在已有建筑物加固改造行业等方面的总体水平还不高。针对这一现状,我国需要加强管理,促使与建筑物加固改造有关的各种行为规范化;开发成套的加固改造技术;广泛开展技术交流和培训;对于新建结构尽早采取防护措施。

随着国家经济政策的不断改进,已有建筑物的加固改造工程规模在近几年内将会继续扩大,在这种趋势的引导下,加固改造原材料市场和专业改造技术服务业也将会有不小的波动。这对于建筑从业者来说即是一种机遇,也是一种挑战。目前,已有建筑物的改造加固工程的系统性和复杂性,对从业者的技术水平和能力提出了较高的要求,它需要相关从业人员具有综合解决问题的能力,当然理论知识在建筑结构中是必不可少的;所以我们应该做到熟识有关修补材料的一些重要特性,比如说物理力学、耐久性能等,除此之外还要掌握结构材料的损坏机理,在此基础上熟悉一些环境制约因素。

1.2 混凝土柱的加固介绍

一般来说,混凝土柱的破坏不像梁破坏前有明显的征兆,而是具有突然性。因此了解柱子的破坏原因,进行检测计算和分析是有必要的,以便作出是否需要加固的判断。混凝土柱的加固方法有多种,常用的有增大截面法、外包钢法、预加应力法。有时还采用卸除外载法和增加支撑法等。下面就混凝土柱需要加固的原因和常用的几种加固方法分别进行阐述^[1]。

1.2.1 混凝土柱需加固的原因

在实际工程中,会有许多造成钢筋混凝土柱需要加固的原因,主要有:

- (1) 荷载漏算、截面偏小、计算错误等引起的设计不周或错误。
- (2) 使用的建筑材料不合规定要求,如使用了含杂质较多的砂、石等,钢筋号码编错,配筋不足等造成的施工质量低。
- (3) 施工人员没有经过专业指导与培训,表现为业务水平低,工作责任心不强。如在对钢筋下料时长度不够,搭接和锚固长度不合要求,钢筋号码编错,配筋不足等。
- (4) 施工现场管理不妥。如经常有将钢筋撞弯、偏移,将模板撞斜,未予扶正或调直就浇混凝土等现象在施工现场发生。
- (5) 地基不均匀下沉,致使柱产生附加应力。

此外,还有许多原因引起柱子承载力不足,如火灾烧酥了混凝土,而使钢筋强度下降;遭到车辆等突然荷载的碰撞,使柱子严重损伤;加固改造上部结构,或改变使用功能,使柱子承受的荷载增加。

1.2.2 增大截面加固法

增大截面加固法是增大原构件截面面积并增配钢筋,以提高其承载力和刚度,或改变其自振频率的一种直接加固法。由于加大了原柱的混凝土截面及配筋量,因此,采用这种方法不仅可提高原柱的承载力,还可降低柱子的长细比,提高柱子的刚度。

1.2.3 外包型钢加固法

外包型钢加固法是对混凝土梁、柱外包缀板焊成的构架,以达到共同受力并使原构件受到约束作用的加固方法。外包钢加固法通常分为两种形式:干式外包钢加固法和湿式外包钢加固法,它是一种直接把型钢包在混凝土柱的四角或两面上的一种加固方法。采用外包钢加固法的优点是,在不减小使用面积、不影响净空的条件下,大幅度提高混凝土柱的承载力。在不同截面柱中,采用的外包钢类型有所不同,根据截面和钢的特点,圆形柱常采用扁钢加套箍的方法;方形和矩形截面柱常在柱的四角外包角钢,并用缀板在横向连成整体。干式外包钢加固法是在原混凝土柱的外面直接包上型钢,并在两部分之间用水泥砂浆进行填塞,施工简便,但是不能确保把剪力有效传给两者的结合层的一种加固方法;而湿式外包钢加固法是在外包型钢和混凝土两者之间空有一定间隔的情况下,填塞乳胶水泥砂浆、环氧砂浆、浇灌细石混凝土,能保证两者粘结良好、整体性能好的一种加固方法。

经该方法加固后，混凝土柱的承载能力和延性都得到了提高。

1.2.4 体外预应力加固法

体外预应力加固法是通过施加体外预应力，使原结构、构件的受力得到改善或调整的一种间接加固方法。体外预应力加固混凝土柱法是为了防止加固措施撑杆在卸除部分外力时与原混凝土柱结构之间产生应力滞后，在加固柱子时，对其预先施加力可以充分发挥其作用的一种加固方法。当建筑物结构变形较大，外荷载又比较难卸除，致使柱子受损较严重时常用该方法。对撑杆预先施加力的方法有纵向压缩法和横向收紧法。通常，对于轴心受压柱，一般仅需对受压边用预应力撑杆加固，受拉边多采用非预应力法加固。采用预应力撑杆加固柱子时，应对加固后的柱子进行承载力计算和撑杆施工时的稳定性验算。

1.2.5 几种加固方法的优缺点比较

混凝土的加固方法有很多，常用的方法有加大截面、局部置换、体外预应力加固、外部粘钢加固、粘贴纤维增强复合材料加固、外粘钢板加固等^[1]。以上这些常用的加固方法均有自己的优点，但也有不可避免的缺陷，如表 1-1 所示。

不同加固方法的优缺点		表 1-1
加固方法	优 点	缺 点
增大截面	不仅提高加固构件的承载能力，还可加大截面刚度	减少了使用空间，还会增加结构自重
局部置换	能对承重构件有严重缺陷的局部加固	控制难度大
绕丝加固	增加自重较少、外形尺寸变化不大	对矩形截面混凝土构件承载力提高不显著
体外预应力加固	加固效果好且费用低	增加了施加预应力的工序和设备
外包型钢加固	受力可靠，能显著提高结构构件的承载力，对使用空间影响小，施工简便且湿作业少	使用环境温度有限制，且加固费用较高
粘贴纤维增强复合材料加固	高强、高效、施工便捷、适用面广	使用环境温度有限制，且需做专门的防护处理，若防护不当，易遭受火灾和人为损坏
外粘钢板加固	施工工期短、加固后基本不改变构件外形和使用空间	使用环境的温度有限制，粘贴曲线表面的构件不易吻合，钢板需做防锈处理等

随着社会的发展和工程的需要，要求我们研发更好的加固方法，于是通过对新型材料的研究，一种具有多种优点的高强钢绞线网-聚合物砂浆面层加固法便出现了。