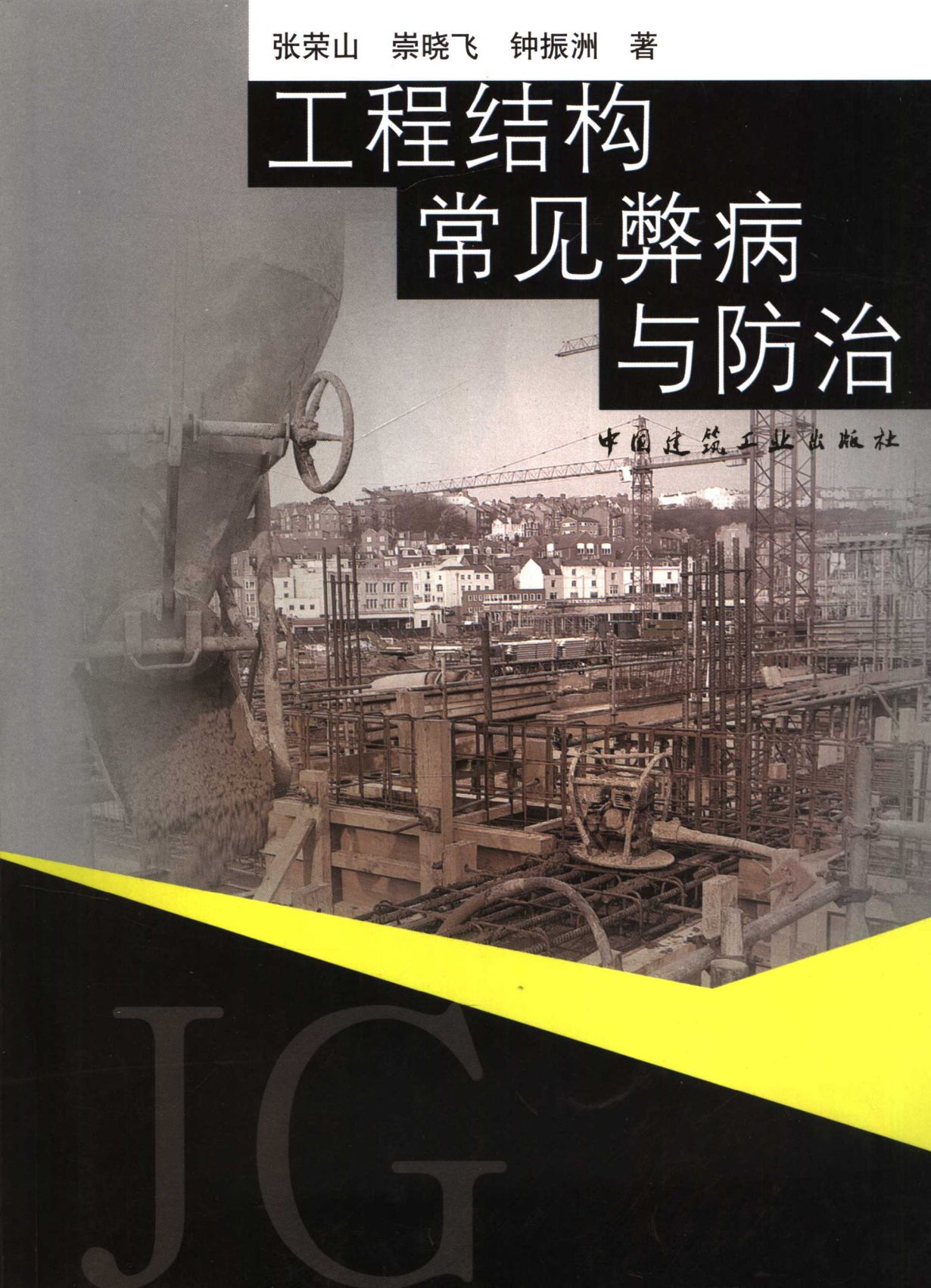


张荣山 崇晓飞 钟振洲 著

工程结构 常见弊病 与防治

中国建筑工程出版社



工程结构常见弊病与防治

张荣山 崇晓飞 钟振洲 著

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

工程结构常见弊病与防治/张荣山, 崇晓飞, 钟振洲
著. —北京: 中国建筑工业出版社, 2007
ISBN 978-7-112-08956-7

I. 工... II. ①张...②崇...③钟... III. 工
程结构-结构分析 IV. TU31

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 159932 号

工程结构常见弊病与防治

张荣山 崇晓飞 钟振洲 著

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

新华书店经销

霸州市顺浩图文科技发展有限公司制版

北京富生印刷厂印刷

*

开本: 787×960 毫米 1/16 印张: 14 1/4 字数: 295 千字

2007 年 2 月第一版 2007 年 2 月第一次印刷

印数: 1—3500 册 定价: 26.00 元

ISBN 978-7-112-08956-7

(15620)

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)

本社网址: <http://www.cabp.com.cn>

网上书店: <http://www.china-building.com.cn>

本书的主要内容包括：钢筋混凝土梁和板的加固方法；对房屋地基与基础的一些弊病的分析和处理方法；动力机器和非动力机器基础的一些合理设计及改造措施；一些建筑结构合理的设计方案和工程事故处理；房屋架空地面的优化设计；钢-混凝土组合框架管架设计与改造；振动管道管架设计和振动管架事故与处理。在每一章中都有较多的工程实例。

本书可供工业与民用建筑结构设计、施工、监理、基建、科研等人员，以及高等院校相关专业的师生参考和使用。

* * *

责任编辑：郭 栋

责任设计：董建平

责任校对：兰曼利 孟 楠

前 言

建造一个工业与民用建筑工程，在地质勘察、设计、施工、使用和改造等全过程中，难免发生一些程度不同的弊病。例如，由于工程设计失误或者建筑结构方案选型不当等，使工程不符合国家有关规范或规程的要求，不但造成一些工程浪费和肥梁胖柱轻屋盖之类极不合谐的结构形式，而且存在一些安全隐患，甚至发生工程事故；由于施工、监理和管理等方面的失误，也常常使一些工程发生一系列的问题，诸如桩基沉桩过程中，桩位偏移超过限值，桩身发生损坏，钢（或混凝土）柱定位轴线超过允许偏差，施工不当使房屋墙体严重开裂，使已沉的桩发生不允许的倾斜。还有的工程施工之后承重结构承载力达不到设计要求等；因生产的需要，对原建（构）筑物进行扩建和改造，因设备改变等原因，作用荷载增大，需要对原有房屋的承重结构采取有效的加固措施，对基础采取扩大处理。也有的动力机器基础，由于动力机器的更换，需要对原动力机器基础进行改造和重新进行恰当的动力计算；楼层上安装有动力机器要对承重结构进行合理的设计；对房屋的各种架空地面和管架进行优化设计，以及对振动管道管架事故处理等。

想要解决好工程中上述类似弊病防与治的问题，业主、设计、施工和监理等各方都要共同努力，各尽其责，根据国家的建设方针政策，勇于创新，积极实行以预防为主方针，才有可能取得良好的效果。其中对于建筑设计人员来说，应负有重要的责任。解决好上述类似的问题，也不是轻而易举的事情，有关人员除具有相当扎实的理论基础和丰富的实践经验外，还应有较强的责任感。目前我国关于解决这类问题的书籍和资料都有一定的局限性，而且也并不是很多。因此，应广大工程技术人员的需求，根据我们多年来工程设计和处理工程中问题的经验，并吸收了国内外的一些研究成果写了这本书。笔者认为，这本书的出版对有关人员提高防治工程弊病的能力将有所帮助，并将对相关技术发展起到一定的作用。

本书的内容没有也不可能包括所有建（构）筑物工程中常见弊病与防治的问题，而是对经常发生且需要解决的某些问题，从理论和实践结合上较详细地进行了介绍。

第一章关于钢筋混凝土梁和板的加固方法，主要介绍了采用型钢加固的设计与施工方法，这种方法不但提高了混凝土梁和板的承载力，而且也明显增大了梁

与板的刚度，并有各种加固类型的工程实例；第二章关于地基与基础工程产生的一些弊病的分析和处理方法，包括桩基和天然地基与基础；第三章介绍设备基础一些合理设计与改造，包括非动力机器和动力机器基础。大块式动力机器基础水平、回转和扭转耦合振动计算（在实际工程中存在这种基础），动力机器基础设计中的一些误区和设备基础改造的一些方法，沉井设计简介，储罐桩基抗水平地震作用的合理计算与设计；第四章关于一些建筑结构设计合理方案，包括单层轻型房屋结构，钢筋混凝土框架结构有关问题，钢-混凝土混合多层框架结构的合理设计方案与事故处理等；第五章关于房屋架空地面的优化设计，包括各种设计方法的比较，重点介绍桩基地面梁与连系梁合二为一的架空地面设计方法，在架空地面上各类设备基础的处理方法；第六章概括介绍了管架分类及优缺点分析，通过工程实例较详细地介绍了具有明显优点的钢-混凝土组合框架管架的设计与施工及其改造；第七章简要介绍了振动管架的设计，并通过工程实例分析了振动管道管架激烈振动的事故原因，以及采取减小振动的措施。全书有较多的工程实例。

书中关于钢筋混凝土梁和板的加固，笔者与张鹏高级工程师、高江海工程师共同研究确定了许多工程加固方案并完成了施工图设计，为本书提供了一些宝贵经验，在此表示感谢。

由于作者理论水平和实践经验有限，书中难免存在不足甚至谬误之处，恳请读者批评指导。

目 录

第一章 钢筋混凝土梁和板的加固	1
第一节 采用型钢加固混凝土梁	1
一、加固方法	2
二、加固原理和假定	3
三、抗弯承载力简化计算方法	4
四、受剪承载力近似计算和挠度近似验算	5
五、其他几种加固截面形式	5
六、加固梁两端（支座）几种常用的连接方法	7
七、加固梁负弯矩承载力计算	11
第二节 工程实例	12
一、工程实例一	12
二、工程实例二	14
三、工程实例三	18
四、工程实例四	21
第三节 钢筋混凝土楼板加固	24
一、采用钢梁加固开洞楼板的方法	24
二、采用现浇钢筋混凝土梁加固楼板的方法	26
三、工程实例	27
第二章 地基与基础工程一些弊病的分析和改造	30
第一节 桩基与深坑的处理	30
一、桩基与深坑一般处理方法	30
二、桩基与深坑事故及处理工程实例	31
第二节 桩身断裂处理	33
一、桩头断裂处理	33
二、桩身缩颈和裂缝处理	34
三、断桩处理	34
第三节 桩位施工偏差超过限值和沉桩上浮时的处理方法	35
一、当超限桩完全失去承载力时	35
二、当未超限桩承载力有富余量时	35
三、超限桩的承载力特征值未降低时	36

四、沉桩过程中要注意桩的“上浮”现象	36
第四节 基础沉降与墙体开裂的分析和加固工程实例	37
一、工程概况及地基基础的形式	37
二、砌体房屋墙体开裂原因分析	39
三、墙体补强措施	40
第五节 桩基设计中一个误区和合理的设计方法	42
一、桩基设计中的一个误区	42
二、两桩承台合理设计之一	43
三、两桩承台合理设计之二	45
四、工程实例	45
第六节 房屋扩建与桩基改造工程实例	46
一、工程概况和桩位布置	47
二、桩基处理方法	47
第七节 柱下钢筋混凝土独立基础底面积增大的方法	50
第八节 墙下钢筋混凝土条形基础加宽的一般处理方法	51
第九节 柱下钢筋混凝土独立基础改造为柱下钢筋混凝土条形基础工程实例	52
一、工程概况及基础改造方法的选择	52
二、改造加固方法	54
 第三章 设备基础的一些合理设计与改造	 56
第一节 大块式动力机器基础水平、回转和扭转耦合振动计算	56
一、自由振动计算	57
二、水平振动线位移计算	59
三、工程实例	60
第二节 框架式动力基础设计中的误区	69
一、质量重心和刚度中心要在一条竖直线上	69
二、框架柱截面不宜过大	70
三、地基刚度需要提高	71
四、框架式动力基础柱子在横向要对称布置	73
五、框架式动力基础为桩基时桩布置在框架柱的平面范围之内不妥	74
第三节 楼层动力机器支承结构的合理设计工程实例	74
一、工程概况	75
二、压缩机承重结构的布置	75
三、L-1 梁的竖向振动计算	77
四、房屋横向整体振动计算	80
第四节 对原动力基础增减质量减小偏心距的方法	85

第五节 设备基础与房屋基础相互重叠时的处理方法	86
一、采用沉井使两种基础脱离	86
二、设备基础与房屋基础相互脱离的一般做法	88
三、房屋基础和设备基础做成联合基础的构造措施	88
第六节 沉井设计简介	89
一、沉井形式和结构尺寸	90
二、一般规定	91
三、沉井计算	93
四、主要构造要求	100
第七节 储罐桩基抗水平地震作用的合理计算与设计	103
一、在储罐桩基抗水平地震作用计算和设计中的几点弊病	104
二、储罐桩基抗水平地震作用的合理计算与设计	105
三、工程实例	107
 第四章 一些建筑结构设计合理方案和存在问题的处理	 111
第一节 单层轻型房屋结构	111
一、门式刚架轻型房屋钢结构体系	111
二、钢管空间梭形屋架体系	112
三、单坡钢管空间屋架体系	113
四、三角形钢管柱	114
五、几个工程实例简介	114
六、几种不合理的结构方案	118
七、设计与施工应注意的一些问题	118
第二节 现浇钢筋混凝土框架结构	120
一、设置防震缝的原则	120
二、工程实例一	121
三、工程实例二	122
四、工程实例三	123
五、楼梯间承重结构的合理设计	124
六、新老混凝土框架结构钢筋连接的处理方法	129
七、钢筋混凝土框架中构造柱的合理设计	130
八、设计与施工应注意的其他几个问题	132
第三节 钢—混凝土混合型多层框架结构的设计与事故处理	136
一、工程概况	137
二、钢柱与混凝土框架柱的连接方法	138
三、工程质量事故及处理方法	139
四、钢框架竖向支撑	142

第五章 房屋架空地面的优化设计	145
第一节 架空地面几种做法之比较	145
一、地面承重主梁为框架梁的做法	145
二、地面承重梁不作为框架梁的做法	146
三、单层工业厂房架空地面做法	146
四、地面架空层采用厚板	147
五、地面承重梁和连系梁合二为一的做法	147
第二节 架空地面地沟的构造措施	150
一、地沟板的构造措施	150
二、地沟地基梁的构造措施	151
三、架空地面的地坑设计	152
第三节 架空地面上设备基础的做法	154
一、大型设备基础	154
二、小型设备基础	155
三、换热器类设备基础	156
第四节 活塞式压缩机基础要与架空地面相互脱离	159
一、活塞式压缩机基础与架空地面相互脱离的一般做法	159
二、工程实例	160
第六章 钢—混凝土组合框架管架设计与施工以及改造	170
第一节 管架分类简介及优缺点分析	170
第二节 工程实例一	172
一、管架工程概况及平面和立面布置	172
二、钢筋混凝土框架设计与施工	174
三、钢框架设计与施工	175
四、纵向桁架和水平支撑设计与施工	177
五、管架改造	180
第三节 工程实例二	183
一、圆形构件管架工程概况	183
二、钢—混凝土组合框架中间管架(KJ-1)设计与施工	183
三、钢—混凝土组合框架固定管架设计与施工	186
四、钢管桁架和水平支撑设计与施工	186
五、纵向桁架安装	188
六、管架改造和加固	190
第七章 振动管道的管架设计和振动管架事故处理	191
第一节 振动管道的管架设计一般要求	191

第二节 管架自振频率计算	193
一、多层管廊式管架自振频率计算	193
二、单层管廊式管架自振频率计算	195
三、独立柱管架自振频率计算	196
第三节 振动管道管架的事故与处理工程实例	197
一、工程概况及管架发生事故的原因	197
二、处理方法	198
附录一 钢管的规格及截面特性	200
附录二 轴心受压构件的稳定系数	209
附录三 热轧 H 型钢和剖分 T 型钢	213
参考文献	218

第一章 钢筋混凝土梁和板的加固

一些钢筋混凝土结构的建（构）筑物，常常由于使用功能的改变，结构作用荷载的增加等原因使原结构承载力和刚度不能满足使用要求。或者由于设计工作者的失误，施工错误和发生其他不符合要求的工程质量问题，使原设计的结构承载力降低了或不能使用，以及因为地震等自然灾害使结构遭受到损坏。这就需要根据具体情况对原结构或构件进行加固处理，使其提高承载力或者同时增加刚度以满足使用要求。本章主要是介绍钢筋混凝土梁和板的加固方法。

目前关于加固钢筋混凝土梁和板的诸多方法中，其中采用碳纤维片材加固混凝土结构是行之有效的方法。我国已制定了规程《碳纤维片材加固混凝土结构技术规程》（CECS 146：2003），它是一种新的应用外粘高性能复合材料加固的技术，目前这种技术主要是用于提高混凝土构件的承载力，但是对提高混凝土构件的刚度作用不大，尤其是在荷载变化比较大的工业建筑中，采用这种方法难以达到加固的目的。对于这种技术在此就不介绍了。

以下重点介绍采用型钢来加固混凝土梁和板的方法，它既能提高梁和板的承载力也能同时明显地提高梁和板的刚度。在此介绍几种加固的形式和加固的工程实例，供读者参考和应用。

第一节 采用型钢加固混凝土梁

在采用型钢加固混凝土梁的设计之前，必须取得以下有关资料和数据：

混凝土梁的平面布置图，梁截面尺寸，梁配筋，梁跨度，混凝土强度等级，混凝土板的厚度，钢筋混凝土的钢筋种类，加固采用型钢的钢材牌号。

楼（屋）面设计采用的可变荷载值。作用在结构上增大荷载的值，荷载类型（永久荷载、可变荷载、偶然荷载）和分布。

计算出梁在自重作用下的最大弯矩（简支梁为最大正弯矩，连续梁和两端或

一端固定的梁，计算出最大正弯矩和绝对值最大的负弯矩）及剪力。

加固前原梁的抗弯承载力和斜截面的受剪承载力。

荷载增大后计算出梁需要承受的最大正（负）弯矩 M_3 和最大剪力。

T 形混凝土梁受压区的翼缘宽度 b'_f 。

一、加固方法

以图 1-1 为例介绍采用 H 型钢加固梁的方法。

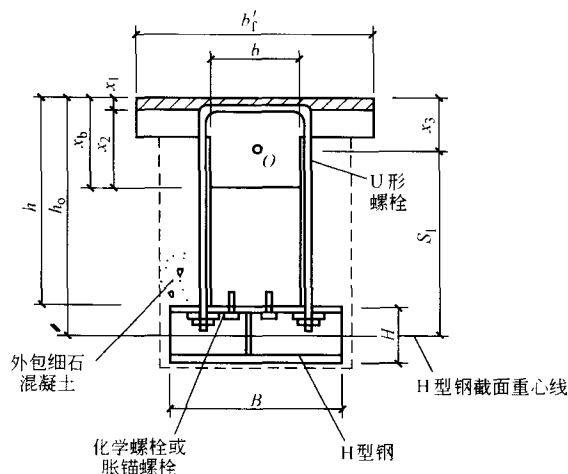


图 1-1 用 H 型钢加固梁

(1) 在梁底部设置 H 型钢，通过拧紧 U 形螺栓和设置化学螺栓（或胀锚螺栓）使得 H 型钢与混凝土梁紧密结合，从而构成钢—混凝土组合梁，达到提高承载力和提高刚度的目的。

(2) U 形螺栓必须拧紧并且采用双螺母，这是加固效果好坏的关键，只有把螺栓拧紧才能使 H 型钢对梁具有足够大的压力，从而使 H 型钢和混凝土梁底面之间在纵向产生较大的摩擦力。必须对 U 形螺栓逐个进行检查是否拧紧，确保拧紧后才能浇灌外包细石混凝土。

(3) 混凝土梁周边不但要铲除粉刷层，而且梁底必须铲平，使得 H 型钢与梁能够紧密结合，必要时在梁与 H 型钢接触处涂灌浆料。

(4) 一般应先把在混凝土楼板上穿 U 形螺栓的孔钻好，把孔的位置准确的测量后，再依此对 H 型钢钻穿 U 形螺栓的孔。因为在混凝土楼板上钻孔并不很准确，如果对混凝土楼板和 H 型钢各自按照图纸上的布孔同时进行钻孔，常发生在现场组装时混凝土楼板上的孔和 H 型钢上的孔不在一条竖直线上，使 U 形螺栓歪七扭八质量很差，甚至造成需要按 H 型钢上布孔的尺寸重新在混凝土板

上钻孔。

(5) 如果楼板面没有较厚的面层时,则需要在梁的顶面开宽 50mm,深 35mm (或者主筋保护层的厚度) 的槽,用于放置 U 形螺栓,见图 1-2。当楼板面有比较厚的面层时,螺栓连接方法见图 1-3。

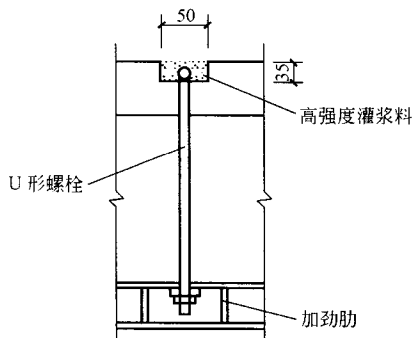


图 1-2 U 形螺栓的放置

(6) 设置化学螺栓 (或胀锚螺栓) 是为了抵抗 H 型钢与混凝土梁底接触面上的纵向剪力,切记化学螺栓 (或胀锚螺栓) 不能 (也没有必要) 和 H 型钢焊接,因为在拧紧 U 形螺栓以后进行焊接时,有可能使 H 型钢发生局部变形,造成 H 型钢与混凝土梁底结合不好;也有可能由于焊接高温使混凝土受到损坏,同时现场焊接工作量也大,而且为仰焊,不易施焊。如果在拧紧 U 形螺栓之前焊接时,有可能化学螺栓 (或胀锚螺栓) 和混凝土梁底顶住, U 形螺栓虽然已拧紧,但是 H 型钢与混凝土梁无法紧密结合。

(7) U 形螺栓的螺纹长度要适当加长,以防由于混凝土楼板钻孔开槽深度不准确等原因,可能使螺栓伸过 H 型钢过长,螺母虽拧紧但 H 型钢和混凝土梁却没有紧密结合。

(8) 最后在加固的梁外包细石混凝土,混凝土强度等级不低于 C20。一是为了防止钢构件锈蚀;二是使钢构件、混凝土梁、U 形螺栓和化学螺栓 (或胀锚螺栓) 更好地结合为一体。外包细石混凝土内加钢筋网,钢筋直径 8mm,间距 200mm,以防混凝土产生裂缝。

(9) 在混凝土梁加固完毕后,且外包细石混凝土达到设计强度才能增加楼面荷载 (包括安装设备)。

二、加固原理和假定

(1) 加固后梁的抗弯承载力 M 由 M_1 和 M_2 两部分组成:

$$M = M_1 + M_2$$

式中 M_1 ——加固前在梁上的荷载 (主要是自重) 作用下产生的弯矩;

M_2 ——梁加固部分的抵抗弯矩。

(2) 在梁底部设置 H 型钢,通过拧紧 U 形螺栓和增设化学螺栓 (或胀锚螺栓) 以及外包细石混凝土构成的组合梁,正是由于拧紧 U 形螺栓使混凝土底面与 H 型钢翼缘之间产生压力,才能使接触面处具有纵向摩擦力和化学螺栓 (或胀锚螺栓) 的作用共同抵抗纵向水平剪力,这样就能构成一个整体的共同工作的组合梁。

(3) 假定混凝土受压区为均匀受压，并达到轴心抗压强度设计值。H 型钢全部受拉，假定为均匀受力，并达到钢材的抗拉强度设计值。

(4) 加固后梁斜截面的受剪承载力，假定由原混凝土梁的斜截面承载力和 U 形螺栓的斜截面承载力以及 H 型钢腹板抗剪承载力等部分组成。

三、抗弯承载力简化计算方法

如图 1-1 所示，图中 h 为原混凝土梁的高度， b 为梁截面宽度， H 和 B 分别为 H 型钢的高度和宽度。通过计算，梁在加固前的荷载作用下混凝土受压区高度 x_1 ，梁顶开槽深度 35mm 和 x_1 之和 $x = x_1 + 35$ 。

确定梁加固后界限受压区高度 $x_b = \xi_b h_0$ 。 h_0 为 H 型钢重心至梁顶面的距离， ξ_b 为相对界限受压区高度，当混凝土强度等级不超过 C50 时， ξ_b 按表 1-1 取值。

表 1-1

钢筋种类	HPB235	HRB335	HRB400, RRB400
ξ_b	0.614	0.550	0.518

加固并增大荷载之后的梁可利用的混凝土最大受压区高度 x_2 ：

$$x_2 = x_b - x = x_b - x_1 - 35$$

根据 x_2 计算出可利用的混凝土受压区面积 A_1 ，由此计算出混凝土抗压承载力 $N_1 = A_1 \times \alpha_1 f_c$ 。按照加固采用的型钢计算出抗拉承载力 N_2 。计算 M_2 有以下两种情况：

当 $N_2 > N_1$ 时，按照 N_1 来计算 M_2 。首先确定可利用混凝土受压区面积的重心 O 至梁顶的距离 x_3 ，混凝土受压区重心 O 至 H 型钢截面重心之间的距离 $S_1 = h_0 - x_3$ ，则

$$M_2 = N_1 S_1 \mu \quad (1-1)$$

当 $N_1 > N_2$ 时，按照 N_2 来计算 M_2 。按照 N_2 的数值计算出混凝土相应的实际受压区面积 A_2 ，同样计算出混凝土受压区面积 A_2 的重心 O 至 H 型钢截面重心之间的距离 S_2 ，则

$$A_2 = \frac{N_2}{\alpha_1 f_c} \quad (1-2)$$

$$M_2 = N_2 S_2 \mu \quad (1-3)$$

式 (1-1) ~ (1-3) 中：

N_1 ——混凝土抗压承载力；

N_2 ——型钢抗拉承载力；

A_2 ——混凝土实际受压区面积；

f_c ——混凝土轴心抗压强度设计值 (MPa)；

α_1 ——系数；

f_c 和 α_1 按参考文献 [1] 取值;

μ ——折减系数, 考虑到 H 型钢与混凝土梁底接触处有可能产生微小的相对滑动而降低了承载力, 所以根据具体情况采取 $\mu=0.5\sim 0.9$ 。

加固后梁的最大抗弯承载力 M 为:

$$M=M_1+M_2 \quad (1-4)$$

抗弯承载力应满足下列条件

$$M \geq M_3 \quad (1-5)$$

以上为采用 H 型钢的加固和简化计算方法。如果采用角钢、槽钢、T 型钢等也可以参照上述过程进行加固设计。

四、受剪承载力近似计算和挠度近似验算

受剪承载力近似计算可以认为由以下四部分共同承受: 混凝土部分, 原梁中的箍筋, U 形螺栓和 H 型钢的腹板, 即

$$V_0 = 0.7 f_t b h_{0c} + 1.25 f_{yv} \frac{A_{sv}}{s_0} h_{0c} + \left(f_t^b \frac{2A_d}{a_0} h_{0c} + A_n f_v \right) \mu \quad (1-6)$$

式中 V_0 ——混凝土梁加固后的受剪承载力 (MPa);

f_t ——混凝土轴心抗拉强度设计值 (MPa);

f_{yv} ——箍筋抗拉强度设计值 (MPa);

h_{0c} ——混凝土梁截面有效高度;

A_{sv} ——配置在混凝土梁同一截面内箍筋各肢的全部截面面积: $A_{sv} = n A_{sv1}$, 此处, n 为在同一截面内箍筋的肢数, A_{sv1} 为单肢箍筋的截面面积;

s_0 ——沿梁长度方向的箍筋间距;

f_t 和 f_{yv} 按参考文献 [1] 取值;

f_t^b ——U 形螺栓抗拉强度设计值;

f_v ——钢材抗剪强度设计值;

f_t^b 和 f_v 按文献 [2] 取值;

A_d ——U 形螺栓在螺纹处的有效面积;

a_0 ——沿梁长度方向的 U 形螺栓间距;

A_n ——H 型钢腹板的净截面面积;

μ ——折减系数取 $0.5\sim 0.8$ 。

挠度近似计算: 加固后梁的受弯挠度可按荷载效应标准组合按结构力学方法进行计算, 但需要对加固梁的刚度进行近似的折减, 即折减系数可取 0.8。

五、其他几种加固截面形式

除以上介绍的采用 H 型钢加固的截面形式外, 还常采用以下的一些形式。

(1) 当楼板上设有面层时, U 形螺栓要放置于面层内而不要对梁的顶部开凿 $50\text{mm} \times 35\text{mm}$ 的槽, 当然 U 形螺栓必须紧贴混凝土梁顶。当面层厚度大于 50mm 时, 必须把面层铲除, 在梁顶部放置一根角钢或槽钢, 采用两根单个螺栓 (而不是 U 形螺栓) 在角钢或槽钢上拧紧, 如图 1-3 所示。在梁的顶部拧紧, 不仅操作方便, 而且更容易保证拧紧的质量。拧紧以后把角钢或槽钢再埋入面层内。

(2) 当梁上作用的荷载增大后, 在梁上产生的弯矩设计值与原梁的受弯承载力相差不是很悬殊, 而且楼板上设有大于 50mm 的面层, 同时原梁不需要提高刚度时, 可采用如图 1-4 所示的加固形式。采用两个角钢, 由连接板把两个角钢焊接连接起来, 单根螺栓预先和角钢焊好, 把楼板上面的角钢或槽钢拧紧。两个角钢和梁内纵向钢筋共同承受拉力, 以提高梁的受弯承载力。根据具体情况对后加两个角钢的抗拉强度设计值乘以降低系数 $0.5 \sim 0.8$ 。因为后加角钢与梁中纵向钢筋共同工作, 所以, 最好采用角钢的抗拉强度设计值与梁中纵向钢筋的抗拉强度设计值相等或接近。这种加固形式对提高梁的刚度作用不大。

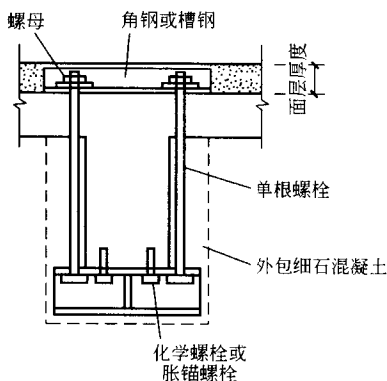


图 1-3 梁截面加固示意图 (一)

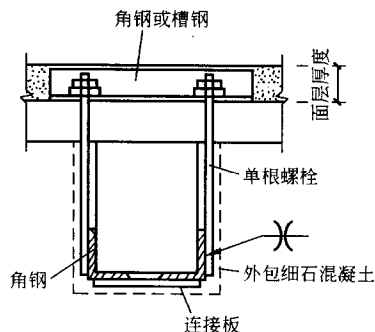


图 1-4 梁截面加固示意图 (二)

(3) 当梁上作用的荷载增大以后, 使梁产生的弯矩设计值与原混凝土梁的受弯承载力虽然相差不是很大, 但是同时需要提高梁的刚度时, 可采用两个角钢 (图 1-5) 或 T 型钢 (图 1-6) 的加固形式。加固后的承载力近似计算方法, 可参照 H 型钢的计算方法。图 1-5 的两个角钢采用肋板焊接连接起来, 肋板的间距同 U 形螺栓的间距。

肋板顶与混凝土梁底面留间隙 10mm , 以防拧紧螺栓时肋板与混凝土梁底顶住, 使角钢不能与梁底贴紧。

(4) 当混凝土梁上作用的荷载增大后, 使梁产生的弯矩设计值远大于原混凝土梁的受弯承载力, 或者混凝土梁的刚度需要较大的提高时, 在这种情况下, 可把原混凝土梁增加高度 h_1 以后, 再采用 H 型钢加固, 如图 1-7 所示。如果不加