

建筑加固纠偏工程 新技术应用

黄泽德 著



中国建筑工业出版社

建筑加固纠偏工程 新技术应用

黄泽德 著

中国建筑工程出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

建筑加固纠偏工程新技术应用/黄泽德著. —北京:
中国建筑工程出版社, 2009

ISBN 978-7-112-11384-2

I. 建… II. 黄… III. 建筑物-加固-新技术应用-案
例 IV. TU746.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 176235 号

建筑加固纠偏工程新技术应用

黄泽德 著

*

中国建筑工程出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京千辰公司制版

北京市彩桥印刷有限责任公司印刷

*

开本: 850 × 1168 毫米 1/32 印张: 9% 字数: 278 千字

2009 年 11 月第一版 2009 年 11 月第一次印刷

定价: 28.00 元

ISBN 978-7-112-11384-2

(18635)

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)

本书以案例的形式介绍了一些比较典型的建筑加固纠偏工程中新技术的应用和独特施工做法，可帮助工程技术人员了解此类工程施工中疑难问题的解决方法。书中所收集的工程案例面很广，其中几篇纠偏工程案例可谓经典之作，读者可从中吸取经验，树立信心，提高实际工作中解决疑难问题的能力。

* * *

责任编辑：周世明

责任设计：张政纲

责任校对：赵 颖 刘 钰

序

《建筑加固纠偏工程新技术应用》一书，是作者黄泽德高级工程师几十年从事建筑工程加固纠偏的设计和施工的实践经验的总结，内容丰富，涉及范围广。包括了地基基础的加固纠偏、混凝土结构和砌体结构的补强加固；还有特种构筑物水池、圆筒仓的加固。其中有两例最成功之作给我印象最深，一例是2006年对贵州省安顺市某综合楼的15.8m跨框架的加固，该工程框架横梁承载力严重不足，采用折线形下撑式横向预应力和增大框架柱断面加固，加固后进行荷载试验，效果良好。另一例是都匀市某10层商住楼的整体纠偏，该建筑总高32.2m，建筑面积4919m²，由于地基不均匀沉降出现房屋倾斜，最大倾斜348mm，平均倾斜为315.5mm，平均倾斜率0.98%，已超过《危险房屋鉴定标准》规定的限值0.7%，并仍在继续发展。黄工采用了以静压桩和水平掏土为主，加荷反压和设反向集水井抽水为辅的组合纠倾方案，在现场组织施工三个月时间，完成了纠偏。纠偏后最大倾斜降至64mm，平均倾斜降至50.9mm，倾斜率仅为0.158%，符合现行技术标准不大于0.3%的要求，竣工后三个月复测，一直保持稳定至今，这是贵州省首创的小高层建筑整体纠偏的成功实例。

在这本著作中，有详细的结构计算书，都是用手算完成的，源自他有扎实的基础理论功底，结构概念设计清晰，当前一些年轻的结构设计人员，依赖计算机软件的一体化设计，对没有计算机建模条件的设计，有的不会用手计算基本构件，可以在阅读这本书中，得到启示和教益。在加固工作中，坚持科学发展

观，实事求是，认真查阅资料，勤于思考，勇于创新。正如国内著名结构专家高立人先生著作《高层建筑结构概念设计》一书的引言中所说：“高层建筑结构工程师应具有结构设计概念、经验、悟性、判断力和创造边”。我借用这段话，作为对黄泽德高工的评价。

黄泽德高工，长期从事结构设计，施工和工程质量监督工作，曾任贵州省铜仁地区建设局副局长兼总工，20 世纪 90 年代调到贵州省建设厅，任贵州省建设工程质量监督总站常务副站长，我和他共事多年，共同组织和参与了一些重大工程质量事故的处理及房屋安全鉴定，为贵州工程质量监督工作，花费了大量心血。他在退休后的古稀之年，老骥伏枥，勤奋耕耘，撰写了两本有关工程加固的专著，由中国建筑工业出版社正式出版发行，是很难能可贵的，体现了一个老工程技术人员执着的敬业精神。

童印佩

（贵州省建设厅原副总工程师）

2009 年 9 月

前 言

近些年，全国各地建筑加固和纠偏工程越来越多，建筑加固和纠偏施工技术也在不断发展进步，解决疑难工程的办法和手段相比十几年前有了很大飞跃。过去一些认为无药可医的工程，现在不仅能排除其隐患，而且可以保证在使用期内的安全可靠。避免因一处问题，而全部报废推倒重来，造成人力、物力和财力的极大损失。

当遇到建筑加固或纠偏工程，尤其是疑难工程时，工程技术人员首先要解决的问题是选择什么样的施工方案。每个建筑加固纠偏工程都有其自身特点，不可能用一样的施工方案来面对所有加固纠偏工程。工程技术人员能做的也只是参照类似工程来制定适合本工程的施工方案。所以优秀的建筑加固和纠偏工程案例，对工程技术人员是至关重要的，它起着引导思路的作用，避免走弯路。

本书收集整理了近些年比较典型的建筑加固和纠偏工程案例，特别注重新技术在工程中的应用，这也是区别其他类似图书的最大亮点。书中所提及的“新技术”，也可以理解为“第一次用”，也许有些案例采用的施工技术并不是什么高科技或最新技术，但从整个施工方案看有它独到之处，用了一些简单易行，经济适用，安全可靠，别人不曾想到的方法；或许用了一些新材料、新工艺等，而这才是具有借鉴意义的闪光点。

本书作为应用技术类图书，读者对象定位于建筑施工企业工程技术人员。书中编入整理的成功案例，可帮助工程技术人员开阔眼界、吸取经验，使他们有能力、有信心、有创新地完成好疑难工程的施工，在技术水平上更上一个台阶。

目 录

加大柱截面及增设牛腿对大跨屋面梁的加固施工技术	1
折线法预应力技术对大跨严重超载框架加固的设计计算	8
折线法预应力技术在大跨严重超载框架梁加固中的应用	24
现浇楼板加固施工技术	39
混凝土结构构造缺陷引发的一些事故分析	47
施工中改善建筑层间净空高度的实例	57
现浇钢筋混凝土楼梯净高不足的处理方法	61
多跨框架梁负弯矩区承载力不足补强加固新技术探索	67
地上 11 ~ 14 层混凝土事故处理分析	75
低层砖混结构房屋整体顶升技术	85
对在建多层住宅楼不均匀沉降地基的加固技术	94
地下工程孔洞封堵防水新技术	103
旧房改造新增门楼连接事故的原因分析及处理	109
10 层综合楼的组合纠偏新技术	123
房屋纠偏施工中新技术应用	137
加固及纠偏工程中硫磺胶泥锚接桩的质量与安全控制	147
相邻建筑基础紧靠新建楼房倾斜纠偏施工技术	153
悬挑梁补强加固新技术	162
住宅遭受局部火灾后可靠性鉴定与加固处理	171
钢筋混凝土板加固技术	179
用碳纤维布加固预应力空心板的设计与施工	200
灌浆技术在框架柱施工产生严重缺陷补强加固中的应用	209
圆形框架柱部分置换混凝土加固施工技术	214

商住楼框架柱事故加固处理.....	225
折线法预应力技术在圆筒仓漏斗加固中的应用.....	235
大型矩形水池上浮事故加固处理技术.....	245
高层建筑地下室水池裂缝的原因分析及处理方法.....	252
浅谈注浆法堵漏在工程中的应用.....	260
高差悬殊填方区多层房屋地基强夯法应用的分析.....	264
混凝土结构裂缝处理界限及其修补施工工艺.....	273
储备粮库仓内抹灰及防潮层空鼓的原因分析及防治.....	294

加大柱截面及增设牛腿对大跨 屋面梁的加固施工技术

1 工程概况

某培训中心综合楼餐厅为单层现浇框架结构，柱距 3.6m，其截面为 450mm × 550mm；层高 5.5m，梁跨度 14.0m，其截面为 350mm × 1000mm，梁跨中下部配有 7 Φ 25 纵筋，梁沿高度每侧设置有 Φ 12@300 纵向构造钢筋；设计采用的混凝土强度等级为 C30，在距梁底 400mm 处设置有石膏板吊顶顶棚。

该餐厅于 2001 年底建成投入使用，2005 年 3 月进行例检时，发现大梁跨中产生有竖向裂缝 19 条，最大裂宽 0.4mm，其中裂宽 0.3mm 以上 6 条，且缝长均为大于 1/2 梁高的通梁底裂缝；裂宽 0.3mm 以下的有 13 条，其中有 5 条是在梁腹上两头小中间大的枣形裂缝。

2 原因分析及处理

2.1 产生裂缝的原因分析

(1) 施工不当引起 该楼原屋面设计采用珍珠岩砂浆找 3% 坡度并兼作保温层，施工单位更改用混凝土施工，使保温层增加荷载约 1.6kN/m^2 ，致使屋面跨中因超载而开裂。

(2) 增加设施引起 该楼系在现行《建筑结构荷载规范》(GB 50009—2001) 未颁发实施前设计的，旧荷载规范规定上人屋面活荷载标准值仅为 1.5kN/m^2 ，而新规范规定为 2.0kN/m^2 ，

已不足 0.5kN/m^2 ；但业主又在屋面上增加了纵向柱距（约 1.10m ）较密集的钢管棚架，作为学员晾晒衣被用设施，又增加了荷载约 0.4kN/m^2 ，因而又加重了屋面梁的跨中裂缝进一步扩展。

（3）设计欠妥引起 原设计框架梁高仅 1.0m ，高跨比达 $1/14$ ；加上框架柱截面选择偏小，其计算长度达 6.7m ，长细比较大、刚度较差，弯矩分配系数小，使梁跨中弯矩及挠度均偏大，因此不可避免引起梁跨中开裂。此外，设计梁高 1.0m 的梁侧构造纵筋每侧设置 $2\Phi 12$ 偏小而疏，虽可满足《混凝土结构设计规范》（GB 50010—2002）要求，但不足以抵抗较大的收缩、温度应力，从而导致梁腹枣形裂缝的产生。

2.2 处理方案的选择

对该餐厅框架进行结构复核得知：在屋面梁端所产生的负弯矩及剪力，原设计截面配筋可满足现行《混凝土结构设计规范》（GB 50010—2002）的要求，但跨中截面抵抗弯矩不足 16.2% ，按常规可直接对梁进行加固，采用碳纤维加固法、预应力加固法等均可胜任。但该餐厅更新改造刚安装好石膏板顶棚不久，为了加固屋面梁如果再次拆除，必然造成较大的损失。因此决定通过对屋面梁实施顶撑卸载，完成在框架柱内侧加大柱截面及增设牛腿，以增强柱的刚度和缩小梁跨来减小跨中弯矩，使未经加固的原梁截面也能完全符合设计规范的要求。

3 加固施工的技术措施

3.1 加固施工工序

本工程加固施工按下列工序进行：基础加固→加大柱截面→顶撑卸载→牛腿混凝土浇筑→实载试验。

3.2 基础加固

加大柱截面使屋面梁梁跨缩小后，柱子的内力发生变化，会使柱基呈现偏心受压状态，如果柱基出现承载力不足时，需采用加大截面法加固柱基。一般做法是将框架柱内侧柱基底台阶下的钢筋凿开，电焊接长，将新旧混凝土界面清洗干净，涂刷界面

剂，再浇筑加大柱基截面的混凝土。

3.3 加大柱截面

本工程加固设计在框架柱内侧加大柱截面，使柱截面由 $450\text{mm} \times 550\text{mm}$ 扩大成 $450\text{mm} \times 750\text{mm}$ ，其施工步骤是：首先，将柱面的抹灰层铲除并凿毛；其次，按加固设计在柱面钻孔植入连接老混凝土的 $2\Phi 12@400$ 锚筋；同时，对柱基顶阶台钻孔植入 $4\Phi 22$ 柱筋和在两端梁底对柱钻孔植入新增牛腿钢筋（图1）；再次，用 $\Phi 10@200$ 新增柱箍筋相间与锚筋及原柱箍筋焊接，并将新增柱及牛腿的其他钢筋绑扎安装完毕；然后，涂刷界面剂、立模、浇筑混凝土至牛腿底部，加大柱截面施工即告完成。

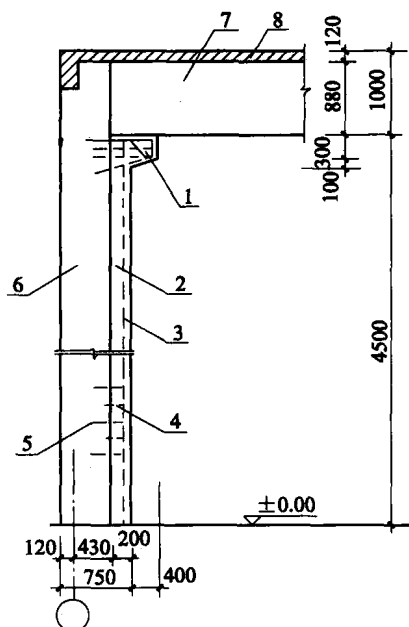


图1 新增柱及牛腿示意图

- 1—新增牛腿及其配筋；2—新增柱 $450\text{mm} \times 200\text{mm}$ ；
- 3—新增柱筋 $4\Phi 22$ ；4—U形箍筋 $\Phi 10@400$ 与原柱筋焊接；
- 5—锚筋 $2\Phi 12@400$ ；6—原柱 $450\text{mm} \times 550\text{mm}$ ；
- 7—原框架梁 $350\text{mm} \times 1000\text{mm}$ ；8—原现浇板厚 120mm

3.4 顶撑卸荷

(1) 卸荷值的选择 由于原结构在加固前已承受荷载, 截面应力一般已达到较高的水平, 而后加部分在加固时还不能立即工作, 只有第二次受力后才开始受力。整个结构在第二次受力过程中, 后加部分的应变滞后于原结构的应变, 即使使原屋面梁进一步变形, 使其旧裂缝的宽度和长度扩展的同时, 还会产生新裂缝。为此, 必须考虑选择适宜的加固方法和采取有效的措施来进行卸荷, 将原屋面梁的应力水平降低, 以便较充分发挥后加大截面柱及牛腿的材料强度, 从而减少后加部分材料的应力滞后现象。

本工程加固施工时, 由于屋面活荷载可以控制避免产生, 故仅需对永久荷载进行卸荷。卸荷的方法是用立柱在屋面梁 $1/3$ 跨处, 对梁底施加顶撑而获得卸荷值。但是卸荷值不是越大越好, 太大不但会增加施工难度, 有时因超卸荷或松开顶撑时产生较大的瞬时冲击荷载还会引起原梁损坏; 考虑到加固施工经济易行和使屋面梁在顶撑拆除加上使用荷载后, 其变形值比加固前还小, 因此卸荷值取 $1.5 \sim 2.0$ 倍的活荷载或 $0.4 \sim 0.6$ 倍的永久荷载值为宜。

(2) 顶撑结构的选用 本工程采用 Q235 $\phi 152 \times 6$ 热轧无缝钢管为顶撑, 其截面特征如下。

净截面面积 $A_n = 2752\text{mm}^2$; 毛截面面积 $A = (152 \div 2)^2 \times 3.14 = 18136.64\text{mm}^2$; 回转半径 $i = 51.7\text{mm}$, 每米质量 21.6kg 。

加固设计在屋面梁 $1/3$ 跨顶撑处的卸载为 85kN , 钢管顶撑考虑等于或小于其承载力的 50% 时, 则计算顶撑力为: $N = 2 \times 85 = 170\text{kN}$ 。

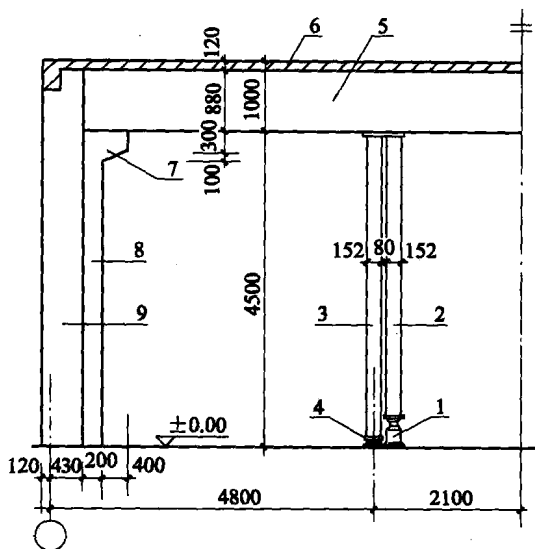
稳定性计算: 顶撑计算长度 $L_0 = 4700\text{mm}$, $\lambda = L_0 \div i = 4500 \div 51.7 = 87 < [\lambda] = 200$, $\phi = 0.734$, $f = 215\text{MPa}$

$$\begin{aligned} N \div (\phi \times A) &= 170 \times 10^3 \div (0.734 \times 18136.64) \\ &= 12.77\text{MPa} < f = 215\text{MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{强度验算: } \sigma &= N \div A_n = 170 \times 10^3 \div 2752 \\ &= 61.8\text{MPa} < f = 215\text{MPa} \end{aligned}$$

因此, 选用 $\phi 152 \times 6$ 的 Q235 钢管顶撑能满足要求。

卸荷施工, 必须确保卸荷结构及人员安全。顶撑卸荷施工的具体操作, 见图 2 所示。即先在屋面梁一侧 $1/3$ 跨处, 用 $\phi 152$ 临时钢管顶撑下带有的压力表计量千斤顶加力, 达到顶撑设计力值后, 采用拍紧钢楔使力值完全过渡到卸荷钢管顶撑上, 当千斤顶上的压力表显示为零值时, 便可拆除临时钢管顶撑, 转移到另一侧梁跨 $1/3$ 处, 依次按上述方法用另一根卸荷钢管顶撑进行卸荷后, 便可进入下道工序。



1—千斤顶；2— $\phi 152 \times 6$ 临时钢管支撑；
3— $\phi 152 \times$ 钢管支撑；4—用两块钢板楔楔紧；
5—原框架梁 $350\text{mm} \times 1000\text{mm}$ ；6—原现浇楼板厚 120mm ；
7—新增牛腿；8—新增柱 $450\text{mm} \times 200\text{mm}$ ；
9—原框架柱 $450\text{mm} \times 550\text{mm}$ 。

3.5 牛腿混凝土浇筑

从文献 [1] 中可知, 采用 C40 的混凝土 3d 的弹性模量约为 28d 弹性模量的 83.9%, C50 混凝土弹性模量为 28d 弹性模量的 92.6% 说明; 混凝土强度等级越高, 早期弹性模量发展越快; 早期混凝土弹性模量大, 在承受压力时可避免产生较大的变形和后期徐变。因此, 本工程牛腿部分混凝土决定采用掺有 15% UEA 膨胀剂的加固型高强无收缩 C40 混凝土来浇筑, 3~5d 当其强度和弹性模量均可达到 C30 的技术指标时, 便可拆除钢管顶撑, 从而加快了加固施工进度。此外, 牛腿的模板安装时, 其两侧模板应比屋面梁底高 50mm 以上, 并应往外倾斜立模, 以利于混凝土浇捣并高出梁底, 来确保牛腿混凝土的密实性。

3.6 实载检测

针对本工程加固施工中, 屋面梁有按照加固设计要求卸荷及未经卸荷两种不同情况, 各选一榀框架进行检验。根据现场条件, 检验加载是在屋面上采用码砖围池铺入防水塑料薄膜、注水分级加荷来进行。在达到使用荷载以前分五级, 按每级加荷后持荷 20min, 达到使用荷载后持荷 2h, 达超正常使用荷载 108% 后持荷 30min; 各级加载持荷后及卸荷后均进行挠度数据测读和裂缝观测。检测挠度采取在梁的跨中及两端布置 3 个百分表进行测读; 裂缝观测采用 40 倍带光源裂缝宽度读值仪来观察记录屋面梁的裂缝开展及恢复状况。

检测结果: (1) 按加固设计卸荷的屋面梁, 在卸荷后, 跨中的拱值为 1.84mm, 原裂缝宽度为 0.15mm 以下的裂缝闭合; 拆除顶撑后, 梁跨中下挠 0.89mm, 有 2 根原为 0.15mm 裂缝重现, 裂宽为 0.05mm, 注水加荷至使用荷载 (活载标准值) 又下挠 0.54mm, 加固前的裂缝基本重现, 但裂宽及缝长均未扩展, 无新的裂缝发生。(2) 未经卸荷的屋面梁, 在使用荷载作用下, 跨中挠度为 0.66mm, 原梁裂宽及缝长均有扩展, 并有 2 根 0.1mm 的新裂缝出现。但跨中挠度未超过短期允许挠度值

$[f_s] = \frac{M_k}{M_q(\theta-1) + M_k} [f] = 0.519 \times 5.64 = 2.93\text{mm}$ 。因加固设计跨度缩小及柱加大截面后,安全储量较大,虽然加固梁的质量比经卸荷的梁差,但用环氧树脂胶泥将裂缝封堵后,仍可交付使用。

4 结语

(1) 采用加大柱截面及增设牛腿的加固方法,因可减少屋面梁的跨度和增强柱的刚度,可减少原屋面梁的跨中弯矩,从而达到间接加固梁的目的,由于它经济易行,可在承载力不足不太多且净空等条件允许的情况下应用。

(2) 经检测验证,采用卸荷加固的屋面梁质量优于未经卸荷加固的屋面梁;后者因还会使原来应力已达到较高水平的梁截面应力进一步增加,而存在着一定的安全隐患。因此,应杜绝使用后者。卸荷是一般加固工程中提高工程质量的关键技术之一,本工程的卸荷方法切实可行,可供类似工程参考。

参 考 文 献

- [1] 张玉明,吴京,孟少平.超长预应力混凝土结构裂缝控制研究.工业建筑.2006(5).
- [2] 陈瑜,李丽萍.工程结构评估与实荷堆载检验.建筑结构.2008(8).
- [3] 混凝土结构设计规范(GB 50010—2002).北京:中国建筑工业出版社,2002.
- [4] 建筑结构荷载规范(GB 50009—2001).北京:中国建筑工业出版社,2002.

折线法预应力技术对大跨严重 超载框架加固的设计计算

安顺市双阳开发区某综合楼，平面为扇形，建筑面积 3084m^2 。该建筑主体为五层砖混结构；两翼对称设置有餐厅及礼堂，层数呈台阶状，采用单层框架、底框一层砖房和底框抬一层 + 局部抬三层砖房结构。该房屋于 2005 年开工，年底交付使用时，便发现在底框所抬上层砖房墙体，均产生有正八字裂缝；其中以底框抬一层 + 局部抬三层的框架梁 KL1 上的墙体裂缝尤为严重，最大裂缝宽度为 8mm ；框架梁跨中已产生裂缝 20 条，最大裂缝宽度 0.8mm ；靠局部三层砖房的梁端部还出现有剪切斜裂缝，裂缝宽度为 0.3mm 。经结构复核，上述裂缝均系框架承载力严重不足引起。经对几种加固方案分析对比，决定采用折线法预应力技术进行加固处理，其加固设计计算方法，现以框架 KJ1 为例分述如下。

1 结构复核

原设计框架梁跨为 13.80m ，柱距 3.6m ，混凝土设计强度等级 C30。框架梁的跨中及梁端支座截面、框架柱截面，见图 1。

经对原结构复核结果如下。

1.1 框架梁

(1) 跨中正截面 $M = 2064\text{kN} \cdot \text{m}$ ，原设计配筋 $9\Phi 22$ ，只能承受弯矩 $M_1 = 966\text{kN} \cdot \text{m}$ ，受弯承载力不足需要增量 $\Delta M = 1098\text{kN} \cdot \text{m}$ ，即加固后跨中梁截面承载力需提高达 105.2% 。