

建筑工程事故分析及处理 实例应用手册

冶金部建筑研究总院 范锡盛 王跃 主编

中国建筑工业出版社

建筑工程事故分析及处理 实例应用手册

冶金部建筑研究总院 范锡盛 王跃 主编

中国建筑工业出版社

(京)新登字 035 号

本书对我国近10年来建(构)筑物出现的破损事故133例作了全面、系统的分析,并提供了建(构)筑物维修、加固与改造的经验和方法。全书分为四大篇,第一篇重点介绍由于工程质量问题引起的建(构)筑物的破损事故分析及处理方法,包括地基和基础事故分析及处理,建筑物墙、梁开裂事故分析及处理,建(构)筑物坍塌事故分析及处理,施工质量事故分析及处理,以及其他工程事故分析及处理;第二篇介绍建(构)筑物使用过程中的破损事故分析和处理方法;第三篇主要介绍建(构)筑物的改造技术;第四篇介绍建(构)筑物的爆破拆除技术。

本书资料详实、全面、实用,可供建筑设计人员、施工技术人员以及房屋维修人员参考使用,也可作为土木建筑类相关专业师生的参考读物。

责任编辑 胡永旭

建筑工程事故分析及处理实例应用手册

冶金部建筑研究总院

范锡盛 王 跃 主编

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

中国建筑工业出版社印刷厂印刷(北京阜外南礼士路)

开本: 787×1092毫米 1/16 印张: 28¹/₄ 字数: 686 千字

1994年6月第一版 1994年6月第一次印刷

印数: 1—7,100 册 定价: 27.05 元

ISBN7—112—02291—6/TU·1777

(7319)

本书编委会成员

主编：范锡盛 王 跃

编委：张晓萌 李明善 范锡盛 王 跃

编写人员（以姓氏笔划为序）：

山文华	马杏薇	王世才	王兆麟	王宝生	王寄龙	王宗敏	王国林	王洪海	王留清
王 俭	王 跃	王 俊	方志毅	方荣楚	文嘉扬	毛桂英	朱星德	邓浣尘	史永忠
叶正敏	叶书麟	叶琳昌	刘木忠	刘文若	刘善维	朱立文	朱书勤	朱华明	朱华俊
朱思平	朱铁庚	江 蓓	任振甲	任振祥	关志中	华忠民	许长明	孙安莉	阳龙端
牟宏远	吕耀邦	李三运	李玉珊	李光弟	李延和	李晓瑞	李 伟	李淑荣	张 力
张昌让	张 弘	张虹涛	张祖涛	张铭武	张修明	张 鹏	陈元焯	陈业明	陈华腾
陈明浦	陈国旗	陈铁华	陈雪民	陈德安	吴武德	吴 星	吴 虹	吴奕辉	应维福
迟锡三	杜志军	邹仲康	邹泓荣	酆德山	肖圣美	汪恒在	苏丛柏	沈 义	何以莹
陆锡荣	邱永言	宋功业	连德宗	杨石春	杨宗耀	杨育武	周云麟	周凤山	周彦清
周静林	郑铁昌	郑建军	郑绍金	罗乐宁	庞长铎	官慧莉	金人夔	胡小林	胡 杰
赵义林	赵 平	赵智良	赵基达	柏傲冬	柳炳康	郝素兰	施洪相	修洪德	姚鹏泉
俞振全	袁纪扬	袁海泉	高文皂	高容万	唐 平	唐永昌	唐念九	钱志双	钱若军
徐至钧	徐俊林	铁天石	倪诗阁	耿树江	黄志峰	黄昭质	黄元信	崔旭中	崔荣云
郭娟娟	龚应水	柴 昶	程广安	程长靖	程 骐	韩云乔	谢征勋	童明华	葛培中
蒋异才	董 伶	蓝佃恩	傅翹英	解生飞	解建新	詹同霖	蜀 兵	翟国宾	潘传霖
黎 伟	薛荣伟	薛占亮	戴毓乐	魏菊坤					

目 录

绪论	1	处理.....	75
第一篇 工程质量问题引起的建（构）筑物的 破损事故分析及对策	2	1.20 某桩基工程病害的处理.....	79
一、地基和基础事故分析及处理	2	1.21 桩基施工事故分析和处理.....	83
1.1 人工地基工程事故分析之一—— 砂垫层法	2	1.22 打桩事故分析.....	87
1.2 人工地基工程事故分析之二—— 重锤夯实法	13	1.23 某厂原料工段厂房沉降裂缝 分析和加固.....	90
1.3 人工地基工程事故分析之三—— 强夯法	15	1.24 湿陷性黄土地区的基础托换 技术应用实例.....	94
1.4 住宅楼片筏基础事故分析和处 理	21	1.25 黄土地基湿陷事故分析.....	97
1.5 山区河漫滩厂房基础的加固	32	二、墙、梁开裂事故分析及处理	102
1.6 多层砖房的托承加固	36	1.26 新黄土地基上多层砖房的损 坏分析.....	102
1.7 软粘土地基上大型筒仓基础 托换加固	39	1.27 软土地基上危房加固分析及 处理.....	104
1.8 地基不均匀沉降的工程事故 分析和加固	42	1.28 大跨度工业厂房墙体开裂事 故的分析.....	107
1.9 某工程地基不均匀沉降的原因 及处理措施	45	1.29 预应力托架端部裂缝原因分 析及防治.....	110
1.10 地基基础不均匀沉降事故 分析.....	49	1.30 钢筋混凝土框架事故分析和 加固处理.....	113
1.11 岩溶建设场地露天栈桥基础不 均匀沉降工程事故分析.....	53	1.31 大跨度整浇钢筋混凝土框架 裂缝分析.....	117
1.12 软土地区房屋倾斜纠偏加固 分析及处理.....	56	1.32 多层厂房屋面梁裂缝的诊断 和处理.....	122
1.13 某厂钢渣处理间排架柱外倾 原因分析.....	59	1.33 多层砖混住宅楼墙体开裂分 析.....	126
1.14 软土地基深基坑降水对周围建 筑物的危害及处理措施.....	61	1.34 灰砂砖墙体严重开裂事故的 分析.....	129
1.15 填渣地基露天厂房排架外移外倾 的纠偏加固.....	62	1.35 某医院门诊楼墙体裂缝事故的 分析.....	131
1.16 用掏沙纠倾法处理基础不均匀 下沉倾斜房屋.....	68	1.36 某中心实验楼承重墙裂缝分析 和处理.....	132
1.17 柱基倾斜位移的支顶矫正.....	70	1.37 厚大混凝土墙体裂缝事故的 检测和处理.....	135
1.18 用千斤顶纠正桩基位移.....	73	1.38 某电讯车间墙体开裂分析和加 固.....	137
1.19 高层建筑桩基事故分析和		1.39 膨胀土地基上教学楼墙体严 重裂缝事故分析.....	139

1.40 承重墙梁失误分析.....	141	1.62 某热电鼓风机站滑坡事故的 分析和处理.....	202
三、建(构)筑物坍塌事故分析 及处理.....	149	1.63 液氮贮藏塔倾斜事故分析.....	205
1.41 大楼坍塌事故分析.....	149	1.64 水池和管道浮起事故分析及 处理.....	210
1.42 从建筑物倒塌事故看其使用 问题.....	153	1.65 计算机房吊顶结露事故分析 和处理.....	213
1.43 改变厂房用途引起的倒塌事 故分析.....	155	1.66 两起平台颤动事故处理.....	218
1.44 某通讯楼工程网架坍塌落事 故分析.....	156	1.67 多层厂房水平振动事故分析.....	221
1.45 某展厅网架结构倒塌事故分 析.....	158	1.68 一起预埋件破坏事故的调查 分析.....	228
1.46 厂房屋盖塌落事故分析.....	161	1.69 某铁水罐修理库意外恶性爆 炸事故分析及处理.....	230
1.47 一起积灰荷载引起的屋盖垮 塌事故分析.....	163	1.70 多年冻土地区某住宅楼冻融 破坏分析.....	234
1.48 23榀大跨度轻钢屋架坍塌事 故分析.....	165		
1.49 预应力钢筋混凝土V型折板 塌落事故分析及处理.....	167	第二篇 建(构)筑物使用中的破损 分析和处理.....	236
1.50 某学院挡土墙倒塌原因分析.....	170	2.1 用顶升法纠正建筑物倾斜.....	236
1.51 山区建筑挡土墙的倒塌原因 分析.....	173	2.2 厂房基础沉降和柱侧移的加 固纠偏.....	237
1.52 软土基坑开挖中的临时钢板 桩挡土墙坍塌事故.....	175	2.3 断裂倾斜柱的调整加固.....	241
四、施工质量事故分析及处理.....	179	2.4 单层厂房排架震后整体复位.....	244
1.53 无井架液压滑模操作平台倾 覆坠落事故分析.....	183	2.5 炼钢车间加固设计.....	248
1.54 某电信楼外脚手架倒塌事故 分析.....	183	2.6 部分屋面的手动顶升.....	255
1.55 无粘结预应力钢绞线固定端 绞线滑动事故分析和处理.....	185	2.7 不拆屋盖的换柱施工.....	259
1.56 高层住宅楼剪力墙钢筋大错 位事故分析和处理.....	186	2.8 钢筋混凝土框架柱和吊车梁 加固.....	261
1.57 施工中楼板断裂事故的处理.....	189	2.9 粘贴钢板法加固混凝土大梁.....	265
1.58 现浇混凝土楼板表层冻害的 处理.....	191	2.10 用环氧树脂胶粘剂修复混凝 土接缝.....	270
1.59 钢筋混凝土冻害事故分析和 处理.....	192	2.11 化学灌浆修补大型钢筋混凝 土吊车梁.....	273
五、其他工程事故分析及处理.....	195	2.12 房屋加层后的实腹大梁开裂 和加固方案.....	276
1.60 复合框架结构设计质量事故 分析.....	195	2.13 用喷射钢纤维混凝土补强矿 槽梁.....	278
1.61 厂房滑移事故和螺孔串水事 故分析.....	197	2.14 丙烯酸酯水泥砂浆修补大型 屋面板.....	281
		2.15 复合屋面结构破坏及处理方 案.....	284
		2.16 地铁车站顶板裂缝渗漏水处	

理	286
2.17 焊接球节点网架屋面渗漏分 析和处理	290
2.18 仿古建筑屋面渗漏修补及改 进建议	292
2.19 预应力混凝土槽瓦屋面维修 加固	294
2.20 某市烈士纪念塔的防水整修	296
2.21 高温车间屋面板的露筋事故 和处理	298
2.22 寒冷地区屋面檐口破坏及防 治	301
2.23 某影剧院网架屋盖震害分析	303
2.24 冶金工厂酸洗厂房大修改造	305
2.25 多层建筑火灾后的测定和修 复	308
2.26 管道支架的调查和加固	310
2.27 烟囱老化破损及加固	315
2.28 110m钢筋混凝土烟囱的破坏 和加固	318
2.29 对烟囱中、上部裂缝的分析 和处理	322

第三篇 建（构）筑物的改造

技术

3.1 建筑物整体移位的初步尝试	325
3.2 桥式吊车整体提升移位	329
3.3 托梁拔柱	332
3.4 某厂改造中托梁换柱的设计 和施工	335
3.5 大跨度大型屋面板厂房托梁 拔柱	338
3.6 不规则柱距厂房托梁拔柱	343
3.7 在承载状态下接柱和增设托 架梁	348
3.8 混合基础在老厂改造中应用	351
3.9 箱形结构与压入桩基础托换	354
3.10 干法振动加固设备基础地基	358
3.11 密集建筑群中地下构筑物的 植入问题	360
3.12 密集住宅区高层建筑深基坑 开挖处理	364

3.13 岩溶土层上已有建筑物的地 基处理	368
3.14 某厂的改造设计处理	371
3.15 某选矿厂扩建中几个主要问 题的处理	375
3.16 钢托架现场加固方法	377
3.17 厂房端部钢屋架间下弦横向 水平支撑的变通处理	377
3.18 钢结构在厂房加固改造中的 应用	380
3.19 高炉炉缸支柱和托圈式承重 结构的改造技术	383
3.20 高炉出铁场平台的加固处理	387
3.21 焦化厂贮煤塔的改建	389
3.22 喷射混凝土在老厂改造工程 中的应用	390

第四篇 建（构）筑物的爆破拆除

技术

4.1 冷轧厂通风机室爆破拆除	395
4.2 采用非电导爆系统控制爆破 拆除热电厂主厂房	401
4.3 烟囱定向倾倒控制爆破拆除 技术	405
4.4 狭窄场地高大烟囱的定向控制 爆破	410
4.5 用折叠倾倒法控制爆破拆除 框架大楼	413
4.6 邻近建筑物的高框架塌落控 制爆破	420
4.7 定向控制爆破拆除室内钢筋 混凝土基础	425
4.8 光面爆破在厂房内大型连体 基础保护性爆破工程中的应 用	428
4.9 数控爆破在工厂危房大修中 的运用	431
4.10 静态破碎剂的应用	435
4.11 场地平整中的一次爆破事故 分析	438
4.12 爆破拆除工程中拒爆事故的 分析及处理	440

绪 论

大量的建（构）筑物由于其设计、施工和使用中的种种原因，会出现各种各样的破坏事故，如设计时勘察资料不足，施工时原材料代用不合理，质量控制不严，以及建（构）筑物在使用时常年遭受各种有害气体的腐蚀或遇到突然出现的灾害（地震、风灾、火灾等）都会使建（构）筑物破损；另外，由于改变建筑物的用途，增加了建筑物的负荷等，凡此种种，都必须对建（构）筑物进行维修、加固或改建、拆除等处理。

对旧有建（构）筑物维修改造是一项比新建工程更复杂的工作，必须在了解建筑的设计、施工和使用状况，调查破损原因和破损情况，并且考虑修补后所要达到的使用要求和年限的基础上，才能制定出合理、经济的维修方法。

分析建（构）筑物的破坏事故应做到及时、客观、准确、全面。这样可以防止破坏恶化，排除隐患，还可以总结经验教训，预防破坏事故的再次发生。此外，正确分析，找准发生破损的原因，可为合理地处理建（构）筑物的破损提供依据，达到尽量减少损失的目的。同时，也为将来制订和修改有关标准、规范提供依据。

一、建（构）筑物破坏分析及处理的步骤和内容

分析及处理建（构）筑物破坏事故的基本步骤为：发现事故——事故调查——原因分析——判定是否处理——事故处理。

1. 破坏事故调查

主要是调查事故的内容、范围、性质，同时还要查阅为进行事故分析和确定处理方法所必须的资料。通常调查的内容有：事故发生的时间和经过，破坏现象及其发展变化情况，设计图纸的复查或验算，施工情况调查和技术资料检查，使用情况和荷载的调查，必要时还须勘测地基情况，测定建（构）筑物中所用材料实际强度和有关性能，鉴定结构或构件的受力情况，以及对建（构）筑物的裂缝和变形进行较长时间的观测检查等等。

2. 原因分析

破坏事故原因的分析应当建立在调查的基础上，分清事故的性质、类别及其危害程度，为事故处理提供必要的依据。大量事故分析结果表明，建（构）筑物的损坏原因错综复杂，只有经过详细的分析，去伪存真，才能找到建（构）筑物破坏的主要原因，从而采取正确的处理对策。

3. 维修加固处理

在调查清楚事故的全部情况，明确区分事故性质，找准事故的具体原因，了解事故处理的具体目的、要求后即可制定维修加固方案和具体措施。

对建（构）筑物维修加固处理的原则：

（1）维修加固的设计应简单易行、安全可靠；

（2）维修加固施工要求在不影响或少影响工作和生活的条件下进行；

(3) 尽量保留原有建(构)筑物,或减少拆除工作量;

(4) 由于对旧有建(构)筑物的处理时,往往施工场地狭小,因而对施工组织、工艺布置、施工方法和技术等应有特殊的安排;

(5) 对旧有建(构)筑物的处理方案应经济合理,不能只注重表面,而留下隐患,但也不要过于谨小慎微,把问题搞得很复杂,造成不必要的浪费。

对建(构)筑物维修加固处理一般包括以下几个方面:地基加固、复位纠偏、结构补强、裂缝修补、防渗堵漏、扩建改造、部分或全部拆除等。

二、建(构)筑物损坏原因综合分析

对建(构)筑物的破损事故进行调查和分析中发现,虽然事故类型各不相同,但是究其原因有不少相同或相似之处。

建(构)筑物的损坏过程往往涉及到设计、施工、材料、使用、管理等许多方面,因此在分析事故原因时,必须对以上因素以及它们之间的关系进行具体的分析探讨,以找出事故的真正原因。

1. 设计方面

(1) 设计依据不足 设计前不认真进行调查和勘测,盲目地估计荷载或承载力进行结构设计,造成建(构)筑物产生过大不均匀沉降,导致结构裂缝,或发生地基破坏而引起建(构)筑物倒塌。

(2) 设计方案不当

1) 大跨建筑物的结构设计方案不正确。这类建筑物由于需要很大空间,一般跨度较大,没有间隔墙、柱或者间隔墙、柱相距较远。此种结构在设计时,如果缺少抵抗水平的建筑结构措施、基础处理措施,或者某些部位结构强度比较薄弱,就会在使用过程中产生基础不均匀下沉,薄弱构件首先破坏,或在大风雪等冲击力作用下遭受破坏,甚至发生倒塌事故。

2) 屋架方案不正确。屋架结构尤其是刚屋架的特点之一是侧向刚度和整体刚度差,如不设置必要的支撑体系,就不能保证屋盖结构可靠地工作,甚至发生屋架整体失稳而倒塌。

3) 结构稳定性不足。高耸结构及阳台、挑檐等悬挑结构如果没有足够的平衡措施和可靠的连接构造以保证结构的稳定性,就容易造成整体倾斜或坠落。

4) 结构造型不当。没有针对结构受力荷载分布类型来选择结构形式,在该加强的部位没有加强,该弱的不弱,使看起来很坚固的结构在承受不利荷载时破坏和倒塌。如1.10例中基础形式选择不当,是大楼发生不均匀沉降的主要原因之一。1.35例中结构设计不合理,本应按框架结构设计的,却用了砖混结构,造成在小震时在建(构)筑物的影响也比较大。

(3) 设计计算错误

1) 结构设计计算简图与受力情况不符,设计计算假定与施工情况不符等。如砖混结构中,大梁支承在窗间墙上,梁墙连接节点一般可按铰接进行内力计算,但是当梁较大时,梁垫做成与窗间墙同宽、同厚,与梁等高,而且梁垫与梁一起现浇成整体,这种梁与墙的连接可能接近刚性节点,但仍按铰接设计,就会产生较大的弯矩,其与轴向荷载共同作用下,则会使砖墙因承载力严重不足而产生开裂。1.40例中承重墙梁失误的分析中,

原因之一就是计算方法选择不当。

2) 荷载或内力计算错误, 结构构件可靠性不足或构件刚度不足。如漏算结构自重, 有的屋面荷重不考虑找坡层的不同厚度, 少算了荷载; 内力计算不按规范规定进行最不利荷载组合; 主要承重结构设计截面偏小, 构件材料强度要求不明确; 受压杆件的细长比超过设计规范的规定, 出现压杆失稳现象等等。1.44例就是由于网架的计算有误, 造成由于受压腹杆失稳而使整个网架结构塌落。

3) 设计时不考虑建造的可能性, 对设备基础不作振动验算。由于设计时不考虑建造过程的受力, 导致在施工吊装过程中就出现断裂或破坏; 由于工业厂房中不对设备基础作振动验算, 使运行时产生严重的左右摆动或水平振动, 无法使用, 最后不得不加固补强。

2. 施工方面

(1) 施工顺序错误

1) 在地基基础施工方面, 如在深浅不等、间距较小的基础群施工时, 先做浅基础, 后做深基础, 就会在开挖深基础时, 破坏浅基础的地基; 如在已有建筑物附近施工时, 缺少保护措施, 就会破坏已有建筑物的地基等等。

2) 结构吊装方面, 由于吊装构件的顺序错误, 或没有及时吊装和固定支撑构件, 或下部构件吊装后未经最后固定, 就吊装上部构件等, 都可能造成在吊装时发生倒塌等事故或留下隐患。

3) 结构施工方面, 如先砌墙, 后现浇柱; 先砌墙, 后吊装屋盖; 或在混合结构中, 先砌上层墙, 后安装墙下楼板等; 因类似这些施工顺序错误而造成过大的位移或倾斜, 容易在外界不利因素作用下发生倒塌事故。

(2) 施工管理不严

1) 无图施工或不熟悉图纸、不了解设计意图就仓促施工。

2) 不遵守有关施工规范的规定施工, 或不按规范规定进行检查验收。譬如1.54例中脚手架倒塌事故原因之一, 就是不按建筑施工安全有关规定施工和施工管理不善所致。

3) 施工方案考虑不周, 技术组织措施不当, 缺少可行的季节性施工措施。

4) 施工技术人员数量不足或技术业务素质不高。

5) 施工操作质量低劣, 构件制作不良、养护不当或结构安装质量低劣等都将给建(构)筑物留下隐患。譬如1.26例中多层砖房由于施工进度太快, 砌体质量差, 施工通缝很多, 加上二十年来不断沉降而损坏严重。

3. 材料方面

(1) 水泥 水泥的安定性不合格, 强度不足, 袋装水泥重量不足, 错用或混用, 受潮或过期等都会降低混凝土的强度, 由此造成严重的质量事故。

(2) 混凝土制品和构件 砂石粒径太小, 级配不良, 孔隙率大, 含有害杂质等都会使混凝土强度降低。焊接骨架变形, 主筋移位, 预埋钢筋错位; 尺寸偏差超过施工验收规范的规定, 构件超厚、超重; 构件扭曲、翘曲、缺棱、裂缝等等都是造成混凝土制品和构件质量低劣的重要原因。譬如1.30例中, 就是由于原材料质量较差, 特别是砂、石子含泥量较大, 砂又为细砂, 使混凝土强度无法达到设计要求, 造成钢筋混凝土屋面梁出现大面积裂缝。

(3) 砖 砖的强度等级达不到设计要求, 使用尺寸偏差较大的手工砖或断砖、碎

砖；使用体积稳定性较差的硅酸盐砖或灰砂砖等，都将造成墙体严重开裂，甚至会引起建（构）筑物的倒塌。譬如1.34例中四幢库房的裂缝主要原因就是使用了这种灰砂砖。

（4）钢材 建筑工程中，因钢材的质量问题引起的事故，主要是由于使用不当和管理混乱所致。譬如不按照施工规范的规定进行检验后再使用，导致强度不合格或已存在裂缝的钢材误用到工程中。

（5）防水及保温隔热材料

1）沥青和油毡质量不良，如油毡柔性和韧性差，使卷材裂缝，导致渗漏；油毡纸胎没有浸透沥青，耐久性差，导致渗水；沥青标号太低、耐热度差而发生流淌等等。

2）保温隔热材料的质量密度、导热系数达不到设计要求；运输保管中，保温隔热材料受潮，湿度加大，使材料的质量密度加大而影响保温、隔热功能并导致结构超载，影响结构安全。

4.使用方面

（1）建筑物使用年久失修，在尚未达到设计使用年限就丧失某项或几项功能要求。

（2）任意加层，对下层结构没有进行验算和加固，就盲目在原有建筑物上加层，由此造成房屋倒塌。

（3）超载使用，使用荷载或设备加大，或使用动力荷载较大的设备代替原设备，使结构和构件内产生过高的应力和动反应，对结构产生有害影响。譬如1.42一例就是由于上述原因造成一栋厂房突然倒塌。

（4）水泥厂等粉尘较大的厂房、仓库，常因屋面积聚存大量的灰尘，未及时清除，使屋面荷载因此加大。北方地区屋顶积雪太厚，南方地区雨水未能及时排走等都会造成屋盖局部损坏或坍塌。如1.47例就是一起典型的积灰荷载事故引起的屋盖垮塌事故，1.45例由于普降暴雨未能及时排走，造成4号展厅网架倒塌。

（5）维修改造不当，使用单位任意在建筑结构上增凿各种孔洞、沟槽，削弱了结构断面而造成事故；有的工程因屋面漏雨，新增加防水层和保护层，屋面自重明显加大，而造成屋盖结构严重开裂。

（6）高温、腐蚀环境影响，钢筋混凝土构件长期在高温环境下工作，出现裂缝现象，使构件承载力下降；许多露天结构表面长期受空气中 CO_2 作用，当碳化深度超过保护层厚度，钢筋开始锈蚀，破坏了混凝土覆盖层，沿钢筋长度方向产生裂缝。

（7）自然灾害或偶然事故，如地震、风灾、火灾、水灾、滑坡、坍塌、爆炸、撞击及其他各种事故。

（8）使用功能不能满足生产发展的需要，而需改建或扩建等。

三、处理方法和技术

在选择维修加固方法或改造技术之前，应该先根据建（构）筑物的具体情况，在经过多种方案比较后确定维修加固方案。根据方案的目标和要求，选择具体的处理方法和技术。下面就目前用得较多的七大技术作一简要介绍。

1.基础托换

基础托换技术是解决原有建筑物的地基处理和基础需要加固的问题，以及对原有建筑物基础下需要修建地下工程和邻近需要改造新工程而影响到原有建筑物的安全等问题的技术。因原房屋承重结构的形式、基础荷载大小和现有安全储备情况、地基承载力、已有变

形情况等不同,托换方法差异也较大。具体可分为以下几类。

(1) 坑式托换 坑式托换直接在被托换建(构)筑物的基础下挖坑后浇灌混凝土,它适合于地表面下不深处有比较坚实的持力层,且只适用于地下水位较低的情况。坑式托换最好用于土质较好和基础较规则的块体或带形基础。

(2) 桩式托换 桩式托换就是采用桩基形式进行托换的方法,有预试桩、静压桩、打入桩、树根桩、锚杆静压桩、石灰桩和石灰砂桩等托换。其中预试桩托换具有阻止千斤顶压入桩时产生回弹的优点;静压桩托换承载力可靠,但压入荷载要受到建(构)筑物自重的影响;树根桩托换施工操作方便,对墙身和地基土几乎不产生任何应力,可适应各种土质等等。3.9例就是采用了箱形结构与压入桩基础托换来加固建筑物基础,经过5年时间,生产使用效果较好。

(3) 特殊托换 除坑式托换和桩式托换之外还有灌浆法托换,基础加压纠偏法托换、基础减压和加压刚度法托换等。灌浆法由于灌浆成本较高,因此通常只限于在较小的体积范围内使用,并限于在其它方法不能解决的一些特殊问题中使用。基础加压纠偏法是采取人为地改变原地基的荷载条件,迫使地基产生不均匀变形,从而调整基础不均匀沉降,是一种加压纠偏的有效方法。与其它托换方法比较,既可减少土体原有结构的破坏,又可达到改善地基土性能的目的。基础减压和加强刚度法是人为地改变结构条件,促使地基土应力重分布,从而调整变形,控制沉降和制止倾斜。此法在特定条件下,较采用其它托换技术处理方便,效果显著。1.7例就是采用了基础减压和加强刚度法进行基础托换加固,加固后基础结构可靠,沉降日趋稳定,确已达到加固设计的预期目的。

(4) 综合托换 对于规模大、技术难度高的基础托换,就不可能用单纯的一种托换方法,常将大、小口径钻孔灌注桩,钢桩、地下连续墙、锚杆、顶管技术、冻结法、喷射混凝土和化学加固法等托换技术综合使用,效果会更好。

2. 压力灌浆

压力灌浆是施加一定的压力,将某种浆液灌入建筑结构或地基的缝隙孔洞中,以达到恢复或提高其抗渗性、强度、耐久性能的目的。

压力灌浆应用于地上结构,可以修补混凝土内部的蜂窝和孔洞;填塞砖石砌体内的空隙;加固薄弱和损坏的砖石结构;灌注饰面层和砌体之间的空隙;填充装配构件的接头;填充设备和基础之间缝隙等。

压力灌浆应用于地下结构,可以堵塞地下结构侧壁和底板的漏孔洞;修补漏水的采光井;修补漏水的地下集水坑;填充毛石基础和毛石混凝土基础砂浆离析处的缝隙;填充基础底面下地基被水冲走形成的间隙;修补管道、隧道中的裂缝等。

压力灌浆应用于土壤加固,可以加固疏松性地基,充填地基的沉降空隙和裂缝,填充和加固岩溶地基等。

(1) 水泥灌浆 水泥灌浆广泛应用于不同目的的多种灌浆,其中纯水泥浆的可灌性较好,灌浆用的水泥应根据灌浆目的、灌浆层地下水流动状态及其侵蚀性情况选用水泥的品种和标号,一般采用硅酸盐水泥。水泥灌浆所使用的压力应由浆液的可灌性能、结构裂缝承压强度、升压设备条件等多方面因素考虑决定。

水泥灌浆具有强度高,材料来源广,价格低,运输、贮存方便,以及灌浆工艺比较简单等优点,至今仍是应用最广泛的灌浆材料。2.14例中就是采用丙烯酸酯水泥砂浆修补大

型屋面板。

(2) 化学灌浆 化学灌浆材料具有较好的可灌性,而且能按工程需要调节浆液的胶凝时间,化学灌浆材料有的适用于有流动水部位的堵漏防渗,有的具有较高的粘接强度适用于结构补强。

化学灌浆材料种类很多,有丙烯酰胺类、树脂类、水玻璃类等,不同材料种类的化学灌浆在其材料配比、可灌性等方面差异较大,使用的针对性强。用于结构补强的化学灌浆材料主要是环氧树脂和甲基丙烯酸酯类材料,其他多属防渗堵漏材料。

采用化学灌浆,大大改善了灌浆材料的可灌性能,可灌入细小的裂缝,施工机械简单,操作简便,其应用日趋普遍。2.11例就是采用化学灌浆修补大型钢筋混凝土吊车梁。

3. 喷浆及喷射混凝土补强加固

喷浆及喷射混凝土是分别将水泥砂浆和细石混凝土通过机械施加压力,喷射附着到受喷面上,凝固成新的喷射层,从而参与或替代原结构工作,以达到恢复或提高结构的强度、刚度、抗渗性和耐久性等目的。

喷浆、喷射混凝土工程与普通的抹灰工程、现浇混凝土工程相比具有许多特点,如不用或只用单面模板,混凝土拌合物的运输、浇灌、捣固合并为一道工序,设备简单,占地面积小,施工机械化程度高,节省劳动力等。

喷射法施工,由于高速高压作用,混凝土能射入宽度2 mm以上的裂缝,并与被加固的结构紧密结合,形成整体,共同工作,因此用于建筑物和构筑物的补强加固速度快、效果好。

喷浆和喷射混凝土在建筑结构加固补强中应用十分广泛,常用于下列情况:局部和全部地更换受损的混凝土;与加配钢筋、钢丝网、金属套箍、金属夹板、扒钉等共同工作;用以增大结构断面、加固受损的混凝土柱、砖柱、墙体、衬砌和构筑物等;填补混凝土和砖石结构中的孔洞和缝隙;增设防水或防油的抗渗层,提高耐久性的保护层等;特别是对面积较大的大体积、大面积建筑物和构筑物,如大基础、塔、筒、仓、墙、板的补强加固效果更为显著。2.13例用喷射钢纤维混凝土补强高炉栈桥矿槽梁;2.22例将喷射混凝土技术应用于老厂改造工程中。

4. 粘贴钢板加固

粘贴钢板加固就是用结构胶粘剂在混凝土构件的外部粘贴钢板,把钢板与混凝土牢固地粘接在一起,形成整体,以补强、加固钢筋混凝土构件,大大提高原构件承载力和抗破坏能力。

粘贴钢板加固比传统的连接加固法具有很多优点,如连接处受力均匀,不会产生应力集中现象,整体性好、工艺简单、操作方便、施工速度快、效率高,适用于应急抢修各类工程的补强、加固等。

钢筋混凝土柱、梁、桁架等由于结构强度不足、老化损伤过大时,可采用粘贴钢板法或粘包钢板的方法,进行加固补强,以提高构件的承载力和使用寿命。常用于以下几种情况:如因设计或施工有误,造成构件的配筋不足;因施工不慎,发生构件钢筋错位;因使用情况改变,需要增加荷载造成结构强度不足等。2.9例就是采用粘贴钢板法对混凝土大梁进行抗震加固,不动火、不中断生产,并节省大量的人力、物力,其经济效益是显著的。

5. 预应力加固

预应力加固是指在增设的构件或在原有构件被扩大的断面中,施加了一定初始应力的加固,它改善了结构受力图形和限制了结构的变形,预应力加固是非预应力加固的发展。

预应力加固在加固效果方面具有工作可靠性,可以减少或限制结构的裂缝和其它变形;对施工场地的要求、生产和使用上的影响较小,可在不停产条件下完成加固施工;在人力、物力和资金消耗方面也具有明显的经济合理性。

由于建筑结构具体情况不同,对加固效果的要求也不相同,有些结构要求在加固的同时校正变形,减少结构的裂缝;还有些结构内应力已不能允许再有所增大,需在加固时减少结构内应力;另外预应力钢筋混凝土管道、预应力钢筋混凝土梁和桁架下弦等构件,因预应力损失或超载等原因造成承载力不足的加固等,都宜考虑采用预应力加固。

6. 托梁拔柱、换柱

托梁拔柱、换柱或接柱等,是用千斤顶等方法顶住屋架,在不拆或少拆上部梁、架和屋面的情况下改造柱子。这样做虽然增加了工作量,但省去了拆除上部屋架、屋面板等工作,综合看还是有利的。

托梁拔柱、换柱技术常用于建筑物的改造中,在建筑物的改造中涉及柱子改造的工程很多,如加柱、拔柱、换柱、接柱,或增设牛腿、柱子加粗、加长,或柱子纠偏、小柱移位等,以增加建筑物的空间或承载能力。特别是一些老厂房的柱距一般为6 m,由于工艺的改变和生产能力的发展以及生产环境的改善,常需要拔去柱子,以增大柱距。另外,有时住宅加层,也需要增加柱子的承载力和增设附加柱。3.3~3.6四例,就是利用了托梁拔柱、换柱技术,解决老厂中扩大柱距等的改扩建问题。

7. 拆除技术

在建筑物的改建、扩建中,常需要拆除、搬迁和新建一些建筑物,在城市建筑物稠密地区对拆除技术要求的精度和安全度都很严格,因此对不同的拆除工程需选择不同的拆除方法。目前常用的有以下几种:

(1) 机械拆除法 机械拆除法是应用得最早的一种方法,也是应用得较为普遍的一种方法,一座建筑物的拆除,无论使用什么方法,都离不开机械拆除法。采用机械拆除法,清渣快、飞渣少,拆除时间短,这对工业厂房的拆除,快速恢复生产是有利的。

(2) 控制爆破法 控制爆破法就是根据工程要求和爆破具体条件,通过精心的设计、施工和防护等技术措施,严格地控制爆炸能源释放过程和介质破碎过程,既要达到预期的爆破效果,又要将爆破范围、破坏程度等控制在规定限度之内。这种拆除法,不需要复杂的设备,成本低、工期短、效果好。对现浇钢筋混凝土结构,效果尤为明显。4.2~4.4例等都采用了控制爆炸拆除技术。

(3) 静态破碎剂法 静态破碎剂法是利用安放在建筑物中的膨胀破碎剂的膨胀作用而促其裂解的方法。这种方法是一种无公害解体法,适合于拆除环境要求很高的工程。4.10就是应用了静态破碎剂,及时拆除原有建筑物,并保证了周围车站的安全。

第一篇 工程质量问题引起的建 (构)筑物的破损事故分析及对策

一、地基和基础事故分析及处理

1.1 人工地基工程事故分析之一——砂 垫 层 法

1.1.1 前 言

使用垫层地基，除了小型独立基础或轻型简易房屋基础，因其面积小，荷载较小，沉降量亦较小外，大多数垫层地基上的建筑物的沉降特征并无异于在天然地基上的同类型房屋，故当选用方案合适，且设计与施工符合要求时，可得到较好的加固效果。例如，对建筑物荷载很轻，基础间距很大的轻型厂房柱基、独立机器基础、二层以下的民用建筑物等，因地基软弱而采用浅层处理后，其效果是较为显著的。但对于荷载较大的工业厂房，体型复杂的三层以上民用建筑物，以及具有相邻影响的建筑物或大面积填土及大面积荷载的厂房和仓库等，这类建筑物的地基虽经浅层处理，但不少建筑物仍出现裂缝甚至影响使用。这是由于使用这些方法处理的深度较浅，垫层下面还有较大的软弱土层，再加上基础密集，相互影响，或由于大面积堆料的影响深度大，使下卧软弱土层上的附加压力较大，产生较大的沉降和不均匀的沉降，从而造成事故。

1.1.2 砂垫层工程事故及其分析

(1) 某重要工程的三个独立柱基，因受地理位置的限制而修建在古河道上。但因对地基的承载力估计偏高，故在设计地基时未做处理。在开槽时，经验槽发现地基中的淤泥质粘土层是不能作为持力层的，所以又决定对此地基进行处理。当时有人主张采用打桩方案，但也有人主张用砂垫层方案，最后决定采用砂垫层方案。但在设计砂垫层时，对砂垫层的强度及其变形等均考虑不周，而设计的砂垫层有的深度竟达3 m以上。从工程的重要性及长远观点来看（此工程施工早在唐山地震之前），是不应采用砂垫层方法的，何况柱基附近又有频繁的往复动荷载，对这些不利因素均未加以考虑。同时，施工已到冬季，以赶工为由，对施工方法、载荷试验也未按照施工设计规范先行试验，施工技术水平亦差。因此不能保证下卧软土不受搅动，并按规定的最佳含水量来施工，加上砂中含卵石量亦高，无法振实就匆忙地做完了砂卵石垫层，并在其上做基础和上部结构。冬去春来，即发现建在砂层上的三个柱基的沉降量很大，有时每天沉降达1cm之多。从沉降曲线的性状来分析，沉降速度这样快，显然是由于砂垫层的质量问题而造成砂垫层的大量下沉。为避免事态进一步恶化，使这项工程按时启用，当即决定采用电动硅（砂）化加固地基方法，以便及时地阻止砂垫层的急速下沉，防止桩基不均匀下沉而影响整个上部结构。因此，既要

硅化加固好基础底面以下的砂垫层,又要尽可能通过电渗法改变砂垫层下的粘土可能产生的塑流性质。为保证加固质量,根据过去硅化设计施工经验,在基础外侧周边先做一个硅化加固墙体,使加固溶液不向基础外侧流失,然后向基础下打斜管,在基础下面的砂卵石层灌注加固溶液,用以加固整个砂卵石垫层。当灌注加固到最下一层时,将灌注管打到粘土层与砂卵石层交界处以下,利用硅化和电渗加固淤泥质粘土。同时,基础下及其外侧附近的砂卵石层经硅化加固后,也可扩散桩管压力,以减少淤泥质亚粘土的沉降。在加固砂卵石层不久后,沉降趋向稳定,每日沉降量低于 0.1mm ,从而顺利地完成了加固任务。经大型野外荷载试验,其加固质量完全符合要求,并经受了唐山地震的强烈影响而未出现任何问题。

(2)某厂的4座排成一行的造型机基础,由于其基础底面标高处于其两侧的柱基基础 2m 之上,而柱基与造型机基础相距较近,因此在开挖柱基坑时,就把造型机的地基一起挖除了。这样虽然在地基开挖施工是方便了,但破坏了造型机基础下的原有地基。因此,在做完两侧柱基之后,还要在这两行柱基之间重做砂垫层,垫层高达 2m ,然后才能在此垫层上做造型机基础。由于垫层采用细砂,施工质量差,使砂层密实度不符合设计要求。当试行投产开动造型机时,由于造型机振幅太大,使铸造用的砂箱出现裂缝,无法浇灌铸件,影响正常生产。后经有关各方论证,决定采用电动硅化法加固砂垫层,以降低造型机的振幅。首先选定外侧一座造型机基础,在基础外侧打入一排直管,灌注两种溶液并通以直流电,使基础外侧造成硅化墙体,然后再打入斜管以防溶液溢出地基外侧。当时天寒,对溶液另行加温处理。在取得施工试验后,对其余几座基础地基又一一加固。经测试结果,造型机振幅减少了 50% 以上,对浇灌铸件已无任何影响,使生产得以正常进行。

从以上两项地基工程事故分析中,可以看出,首先采用砂垫层方案是不当的,其次在设计与施工上也有问题,同时在使用中都受到振动的不利影响,前者虽然动荷载比较轻些,但荷载却是往复的,常期的,这对地基的压缩模量是有不利影响的。而且砂垫层的厚度大于 3m ,施工质量又没有保证,这就难免出问题了。而后者在设计上也没有考虑造型机基础地基将受到柱基开挖的干扰和损害,施工中也未预见到采用细砂垫层的危害性。最后,不得不采用造价较贵的硅化方法来补救。如果在工程设计之前,能多方考虑,慎重对待,那么,这两项工程事故不是可以避免的。

(3)采用砂垫层时,首先要考虑原有的地基情况,若在薄层软弱土地区上采用,由于整个薄层软弱土均由砂垫层来取代,使整个地基由较好的土层所组成,当施工质量好时,是可以取得较好的加固效果的。但在我国沿海地区,软土层深者可达数十米,浅者也有 $8\sim 10\text{m}$ 。此种软土的压缩性并不按深度而有所降低。因此,若将这样厚的软土全部或大部分用砂垫层来取代,不仅在技术上难以达到,而且造价亦较昂贵,工期也不可能缩短。如果采用浅层加固方法,即挖掉浅层软土层,然后再做砂垫层。这样,就必然造成砂垫层以下仍有较深厚的软土层,但此时砂垫层的地基计算荷载并不取决于垫层本身的材料,而取决于下卧层软土的极限强度。砂垫层的计算荷载一般约在 $80\sim 130\text{kN/m}^2$ 。如建筑物形成的基础密集,甚至使砂垫连成一片,在这种情况下,由于基础密集,相互影响(或在大面积堆料的情况下),则应力扩散就愈深,软土的受压厚度也愈大,使其变形量常达数十厘米,这比其上部砂垫层的变形要大得多。由于建筑物沉降量的增大和差异沉降的影响,从而导致工程事故。下面用几个实例来说明。

例 1 某建筑物由中间为16m高的大厅和两侧为9.2m高的两层展览厅组成。两侧展览厅与中央大厅用过道相接,相距4.35m,全部采用内框架结构。

此建筑物场地表土甚浅,仅80cm,以下为二十余米的软土层,其孔隙比为1.8,含水量为65%。因地基软弱,其上部荷载较大,在中央大厅部分全部采用整片砂卵石垫层,厚3.0m,计算荷载为 110kN/m^2 ,采用1.8~2.0m厚的细砂卵石垫层。因施工采用基坑抽水,致使基坑底部软土受不同程度的搅动。

此建筑物施工后,中央大厅下沉速度很快,每天为0.15mm,在二年半内平均下沉量为67.4cm。两翼展览厅靠近中央大厅部分亦受到了影响,其沉降量达36cm,而展览厅中央部分才12cm。因此,在门厅耳房附近12m以内的展览厅砖柱上出现裂缝。从此例可以看出,虽然中央大厅采用整片砂卵石垫层厚达3.0m,但沉降量还是很大,对相邻建筑物造成严重损害。

在本例中,中央大厅柱基基础面积占大厅部分总投影面积的65%,其附加压力影响深度超过25m。其软土顶部附加压力约为 6.5kN/m^2 。这说明砂卵石垫层对扩散附加压力,减少持力层变形起了一定的作用。但对软土层而言,在此二十余米深度之内,其附加压力由 65kN/m^2 逐渐衰减到 10kN/m^2 ,所引起的沉降,经计算可能超过80cm。由此看出,除施工时软土表面受搅动而引起的沉降外,其基本原因是由于软土层的大量压缩产生建筑物的大量沉降所致(见图1-1)。

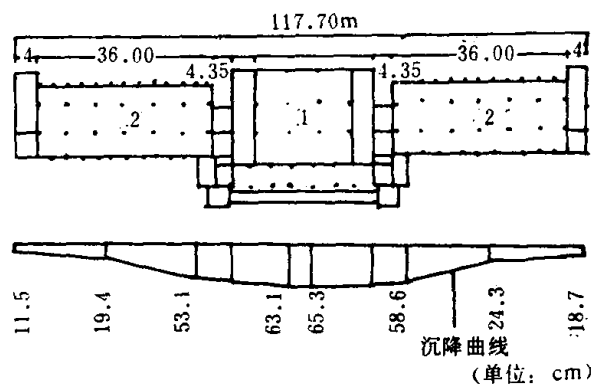


图 1-1 展览馆平面和沉降曲线

1—中央大厅; 2—展览厅

例 2 某3层混合结构建筑物,平面为L型,平屋顶,现浇钢筋混凝土楼面,全长44m,基础埋深1.0m,其下为砂石垫层地基厚1.6m,计算压力为 $110\sim 130\text{kN/m}^2$ 。砂垫层成片铺设,仅少数部分除外。铺设的第1层厚度为20cm,用中砂,施工时灌水,用木锤夯实;第2层厚度也是20cm,用1:1的碎砖中砂层,先灌水夯实,后用6t压路机碾压,因砂层厚度小,压路机在碾压时曾多次陷入软土中,

破坏了软土结构;第3层为砂石垫层,每20cm一层,用10t压路机逐层压实。工程完工后,发现各楼层内外窗间墙的窗顶和窗台陆续地普遍出现水平裂缝,其中以第3层最为严重,第2层及底层次之,沉降最大点位于拐角部分纵横墙相交处。

从以上两个实例中可以看出,当建筑物体型较为复杂时,将使部分地基应力较为集中,其影响深度较大,而另一部分则相对影响较小。这样,若采用同样厚度或厚度相差不大的砂垫层时,因并不能有效地改变其下卧层软土内应力分布的差异现象,故难以有效地解决各部分地基变形的不均匀问题,特别是层数变化部分、复杂平面的交接部分以及条形基础与片筏基础的相交接等处。这可以很清楚地从上述实例中各建筑物的沉降和裂缝分布中得到证实。如例1中展览厅中部压力扩散范围最小,而靠近中央大厅部分的变化最大。这是由于展览厅中部软土顶层与靠近中央大厅部分的软土顶层的压力分别为 40kN/m^2 和 70kN/m^2 ,后者的影响深度为18m,前者只有7m,附加压力为 10kN/m^2 。虽然在展览厅部分,其砂垫层顶部的附加压力都是相同的,但下部软土顶层的压力差异却很大,影响深