

钢筋混凝土

带转换层结构设计释疑

DAIZHUANHUANCENG JIEGOU SHEJI SHIYI

(第二版)

张维斌 主编

及工程实例

JI GONGCHENG SHILI

中国建筑工业出版社

钢筋混凝土带转换层结构 设计释疑及工程实例 (第二版)

张维斌 主编

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

钢筋混凝土带转换层结构设计释疑及工程实例/张维斌

主编. —2 版. —北京: 中国建筑工业出版社, 2015. 9

ISBN 978-7-112-18258-9

I. ①钢… II. ①张… III. ①钢筋混凝土结构-结构设计 IV. ①TU375.04

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 155517 号

本书是针对近年来在工程设计、学术交流中遇到的一些关于转换结构设计的新问题, 根据规范、规程及作者的理解和实践经验编写而成。书中基本包含了目前国内常见的钢筋混凝土转换结构形式, 所介绍的各类转换结构的设计, 包括结构体系和转换结构形式的选择、结构计算分析、构造措施及对特殊复杂结构设计问题的看法和做法等。

本书适合建筑结构设计人员阅读, 也可供相关专业科研、教学及施工技术人员参考。

责任编辑: 咸大庆 武晓涛

责任设计: 李志立

责任校对: 张颖 赵颖

钢筋混凝土带转换层结构设计释疑及工程实例 (第二版)

张维斌 主编

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

霸州市顺浩图文科技发展有限公司制版

廊坊市海涛印刷有限公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 25 $\frac{3}{4}$ 插页: 2 字数: 638 千字

2015 年 9 月第二版 2015 年 9 月第四次印刷

定价: 60.00 元

ISBN 978-7-112-18258-9

(27413)

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)

第二版前言

本书第一版出版发行已近6年。几年来，工程建设又有了进一步发展，建筑结构设计水平也有了很大提高，同时，在设计中也遇到了一些新问题。本书则是针对近几年来在工程设计、学术交流中所遇到的一些新问题，根据2010版有关规范、规程及作者的理解和实践经验编写而成。

本书按新颁布的《建筑抗震设计规范》、《混凝土结构设计规范》、《高层建筑混凝土结构技术规程》等，对第一版作了全面修订。将原来的第一章带转换层结构的概念设计分为抗震概念设计和带转换层结构转换形式的选择两章，总章数由原来的九章增加为十章；第十章其他转换结构形式中增加了若干新颖转换结构形式设计的工程实例；其他各章节，也作了很大幅度的修订。

对典型实际工程的深入了解、剖析和理解，对做好结构设计，帮助和借鉴作用是很大的。书中列举的诸多工程设计实例，所介绍的各类带转换结构的设计，包括结构体系及转换结构形式的选择、结构计算分析、构造措施以及对结构设计中一些热点问题、疑难问题、若干特殊复杂结构设计的看法和做法，可供设计人员参考。

本书由张维斌编写，曲启亮、汪晖、陈传鼎参加了部分章节的编写、计算和插图工作。在编写过程中得到了中国中元国际工程公司崔鼎九教授级高级工程师、邓潘荣教授级高级工程师、罗斌教授级高级工程师、柴万先教授级高级工程师，北京市建筑设计研究院李国胜教授级高级工程师，北京筑都方圆建筑设计公司沙志国教授级高级工程师及其他同志的热情帮助，参考了有关设计及科研单位的文献、资料及图片，中国建筑工业出版社咸大庆、武晓涛等同志也提出了不少很好的建议，作者在此一并致谢！

限于编者水平，加之时间仓促，有不当或错误之处，热忱盼望读者不吝指正，不胜感谢！

编者

2015年4月

第一版前言

为了争取建筑物有较大空间、满足建筑体型变化等功能要求,带转换层结构或设置转换构件越来越多地应用在结构设计中。转换结构形式有多种,框支转换和托柱转换在受力上有什么不同?结构的整体转换和局部转换在设计上有哪些区别?本书就是针对近年来在工程设计、学术交流中所遇到的一些问题,根据有关规范、规程及作者的理解和实践经验编写而成。

密切结合工程实际是本书的特点,书中列举了大量的工程设计实例;重点介绍各种转换结构形式的选择、结构计算、构造要求等;对目前结构设计中的热点问题、疑难问题,也提出了一些看法和做法。

本书共九章,第一章带转换层结构的概念设计,介绍转换结构的主要结构形式、抗震概念设计和转换结构形式的选择;第二章结构计算与分析,介绍结构分析软件的选择及应用;第三章~第五章分别介绍部分框支剪力墙转换、托柱转换、搭接柱转换这三种不同受力特点的转换;第六章~第九章则分别介绍桁架转换、箱形转换、厚板转换及其他转换结构形式。本书基本包括了目前国内常用的钢筋混凝土带转换层结构及一些设置转换构件的建筑结构。

应当指出:带转换层结构是传力不直接、受力复杂的不规则结构,地震作用下可能会造成结构的软弱层和薄弱层,于抗震不利。结构设计应尽可能合理、简单、受力明确,对带转换层结构更是如此。因此,作者认为:对设置大空间的高层建筑、特别是抗震设计的高层建筑,在满足建筑及其他专业功能要求的前提下,应尽可能不设转换层、转换构件;或尽量少设转换构件;在必需设置转换层或转换构件时,应尽可能采用简单、合适的转换结构形式。

本书由张维斌编写,曲启亮、汪辉、陈传鼎参加了一些章节的编写及计算、插图工作,在编写过程中得到了中国中元国际工程公司崔鼎九教授级高级工程师、罗斌教授级高级工程师、中国建筑设计研究院上海分院刘明全教授级高级工程师、北京市建筑设计研究院李国胜教授级高级工程师、北京筑都方圆建筑设计公司沙志国教授级高级工程师及其他同志的热情帮助,并参考了有关设计及科研单位的文献、资料,中国建筑工业出版社咸大庆、武晓涛同志也提出了不少很好的建议,作者在此一并致谢!

限于编者水平,加之时间仓促,有不当或错误之处,热忱盼望读者不吝指正,不胜感谢!

编者

2008年11月于北京

目 录

第一章 抗震概念设计	1
第一节 抗震概念设计	1
一、震害及震害分析	1
二、抗震概念设计若干原则	7
第二节 抗震设计的一般规定	14
一、抗震设计的两大内容	14
二、建筑抗震设防分类和设防标准	18
三、抗震等级	19
四、材料	26
五、钢筋代换、钢筋的锚固和连接	27
第三节 关于建筑结构的规则性	29
一、规则建筑结构的重要性	29
二、建筑结构不规则的界定	31
三、《超限高层建筑工程抗震设防专项审查技术要点》摘录	34
四、工程实例	36
第四节 结构抗震性能设计方法	43
一、为什么要采用抗震性能设计方法	43
二、抗震性能设计方法的特点	43
三、抗震性能设计和常规抗震设计方法的若干比较	44
四、哪些建筑结构应采用抗震性能设计	44
五、抗震性能目标的设定及选用	45
六、不同抗震性能目标的结构设计	47
第二章 带转换层结构形式的选择及设计的一般规定	51
第一节 转换结构的主要结构形式	51
一、框支转换和托柱转换、搭接柱转换和斜撑转换	51
二、整体转换和局部转换	51
三、转换梁、框支梁, 转换柱、框支柱	53
四、常用的钢筋混凝土转换结构形式	53
第二节 转换结构形式的选择	56
一、受力特点	56
二、转换结构形式的选择	58
三、实际工程举例	71
第三节 带转换层结构设计的一般规定	86

一、结构布置	86
二、楼盖结构	90
三、剪力墙底部加强部位的确定	93
四、局部转换的若干问题	94
五、转换梁、柱的节点核心区抗震验算及构造要求	95
六、特一级抗震等级的钢筋混凝土构件构造要求	97
七、框支柱选型	98
第三章 结构计算与分析	102
第一节 结构分析软件的选择	102
一、内力和位移分析的要求	102
二、结构分析软件的选择	113
三、结构分析时实际结构力学计算模型的简化	114
第二节 正确使用结构分析软件	126
一、应用力学概念对结构方案进行调整	126
二、正确确定各种调整参数	133
三、了解所选用程序的编制原理,掌握所选用程序的使用方法	146
第三节 计算结果的分析和判断	147
一、合理性的判断	147
二、渐变性的判断	148
三、平衡性的判断	148
四、电算结果需注意的几个限值	149
五、构件配筋的分析、判断	154
第四章 部分框支剪力墙结构	157
第一节 部分框支剪力墙结构的适用范围	157
一、受力特点	157
二、适用范围	160
三、工程实例	162
第二节 结构布置	164
一、平面布置	164
二、竖向布置	164
三、楼盖布置	165
四、转换构件的布置	166
第三节 计算要点	167
一、一般规定	167
二、内力调整	168
三、构件的配筋计算	172
第四节 构造要求	174
一、一般要求	174
二、构件配筋构造	178

三、构件开洞	184
四、工程实例	188
第五节 实际工程举例	191
一、庆化开元高科技大厦	191
二、佳成大厦	195
三、世茂湖滨花园三号楼	198
四、深圳国际名苑大厦	202
第五章 托柱转换	206
第一节 托柱转换的适用范围	206
一、受力特点	206
二、适用范围	207
三、工程实例	207
第二节 结构布置	210
一、平面布置	211
二、竖向布置	212
三、工程实例	212
第三节 计算要点	216
一、内力及位移计算	216
二、内力调整	217
三、构件的配筋计算	217
四、深受弯构件的承载力计算及构造要求	218
五、工程实例	223
第四节 构造要求	227
一、一般要求	227
二、构件配筋构造	228
三、构件开洞	230
四、宽扁梁转换梁的构造要求	230
第五节 实际工程举例	232
一、北京葛洲坝大厦办公主楼	232
二、北京银泰中心	238
三、名汇商业大厦	242
四、深圳大学科技楼	247
第六章 搭接柱转换	250
第一节 搭接柱转换的适用范围	250
一、受力及变形特点	250
二、适用范围	253
三、工程实例	254
第二节 搭接柱转换的设计方法	257
一、一般规定	257

二、搭接块的设计	258
三、搭接块附近构件设计要点	261
第三节 实际工程实例	262
一、福建兴业银行大厦	262
二、广州生物岛商务办公楼	269
三、福建厦门银聚祥邸	273
四、马来西亚吉隆坡石油大厦	276
第七章 桁架转换	279
第一节 桁架转换的适用范围	279
一、受力及变形特点	279
二、适用范围	280
三、工程实例：南京新华大厦	281
第二节 带桁架转换层结构的设计方法	285
一、结构布置	285
二、计算分析要点	285
三、转换桁架的设计	286
四、转换桁架邻近构件的设计	292
五、工程实例：律湾广场 9 号楼主楼	294
第三节 实际工程举例	297
一、嘉洲翠庭大厦	297
二、现代商务大厦	302
三、深业中心大厦	308
第八章 箱形转换	313
第一节 箱形转换的适用范围	313
一、受力及变形特点	313
二、适用范围	313
三、工程实例	314
第二节 箱形转换结构的设计方法	319
一、结构布置	319
二、肋梁截面尺寸的确定	320
三、计算分析要点	321
四、构件设计	327
第三节 实际工程举例	329
一、高科广场 B 栋商住楼	329
二、苏州艾拉国际自由水岸 104 号楼	332
三、厦门镇海明珠大厦	335
四、中国水科院科研综合楼	339
五、常熟华府世家	342

第九章 厚板转换	346
第一节 厚板转换的适用范围	346
一、受力及变形特点	346
二、适用范围	347
三、工程实例	347
第二节 厚板转换的设计方法	350
一、结构布置	350
二、计算分析要点	350
三、构造设计	351
四、工程实例	364
第三节 实际工程举例	368
一、南昌市某商住楼	368
二、南京娄子巷小区 D7-07、08 高层商住楼	371
第十章 其他转换结构形式	374
第一节 斜撑转换	374
一、受力特点	374
二、设计要点	375
三、工程实例	376
第二节 梯形框架转换	385
一、工程实例 1: 绥芬河海关业务技术综合楼	385
二、工程实例 2: 光明新区公共服务平台转换结构设计	386
第三节 空间内锥型悬挑结构	393
一、工程实例 1: 北京中国银行总部大厦	393
二、工程实例 2: 贵阳花果园艺术中心项目 C 地块塔楼转换结构设计	395
参考文献	399

第一章 抗震概念设计

第一节 抗震概念设计

一、震害及震害分析

国内外历次地震都造成了许多建筑物不同程度的破坏,从而导致人民生命和财产遭受重大损失,对地震灾害的深入踏勘、调查、研究和分析,一次次加深了我们对震害的认识和了解,不断地丰富结构抗震设计的内容,提高结构抗震设计的水平。

1. 框架结构比框架-剪力墙结构、剪力墙结构抗震性能差,纯板柱结构抗震性能差,装配式楼盖破坏严重

1963年前南斯拉夫斯科普里地震,许多砌体结构、框架结构严重破坏甚至倒塌,而框架-剪力墙结构则破坏很轻,证明框架-剪力墙结构比框架结构具有较好的抗震性能。1976年我国唐山地震又一次证明框架-剪力墙结构在防止填充墙及建筑装饰破坏方面比框架结构有明显的优越性。1977年3月的罗马尼亚布加勒斯特地震,有33座框架结构倒塌,仅有1座剪力墙结构由于整体倾覆而倒塌。特别是学校、博物馆、文化宫等要求大空间的公共建筑,框架结构破坏十分明显。汶川地震中也有不少框架结构完全倒塌。还应特别注意的是:单跨框架结构的震害十分严重。我国澜沧-耿马地震中某单跨框架结构完全倒塌。1999年台湾集集地震,某9层单跨框架结构整体倒塌(图1.1-1)。

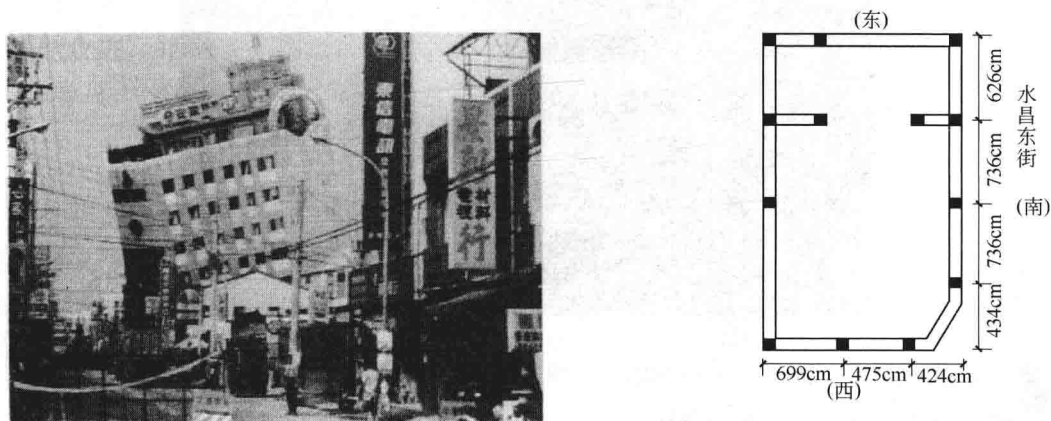


图 1.1-1 台湾集集地震某9层单跨框架结构整体倒塌

1985年的墨西哥城地震,无梁平板或双向密肋板结构由于柱头对板的冲切,导致结构破坏严重。据统计在遭受最严重破坏或倒塌的300多幢建筑物中,无梁平板或双向密肋板建筑的破坏数量接近普通梁板式框架结构建筑的2倍。这表明这种无梁平板或双向密肋

板建筑结构抗震性能很差，在地震中极易遭受破坏。

装配式楼盖由于没有足够的楼板平面内刚度，传递水平力的效率不高；同时由于其整体性差，使得结构协同工作的能力受到不同程度的削弱；而楼板也可能因为连接不好而脱落、倒塌破坏，因此地震中的震害也是相当严重的。图 1.1-2 为汶川地震某预制装配结构破坏，楼板全部垮塌。因此，抗震设计的钢筋混凝土建筑结构，应优先采用整体现浇梁板结构。



图 1.1-2 汶川地震某预制装配结构破坏

2. 结构的不规则导致建筑物的严重破坏

1) 平面不规则导致的结构破坏

1967 年 7 月委内瑞拉加拉加斯地震（里氏 6.5 级），平面复杂的 8~16 层框架结构遭受严重破坏和倒塌。如 SANJOSE 公寓，地下 1 层，地上 10 层，采用钢筋混凝土双向宽扁梁框架结构，平面为工字形，楼电梯间在中部，地面以上全部倒塌。平面形状或刚度不对称，会使建筑物产生显著的扭转，震害严重。我国唐山地震天津人民印刷厂采用“L”形平面，楼梯间偏置，地震时由于扭转使一些角柱破坏；汉沽化工厂一些框架厂房角柱上下错位、破断。汶川地震都江堰某 7 层框架结构，“L”形平面，一翼完全倒塌（图 1.1-3）。



图 1.1-3 汶川地震都江堰某框架结构平面不规则的震害

2) 竖向不规则导致的结构破坏

底部大空间的下柔上刚结构，地震中极易遭受破坏甚至倒塌。汶川地震北川一中五层教学楼震后只剩下三层（图 1.1-4）。而结构中部楼层侧向刚度小于上、下部楼层，也同样会遭受破坏甚至倒塌。1976 年唐山大地震，位于天津市塘沽区的天津碱厂 13 层蒸吸塔框架，楼层侧向刚度不均匀，造成第六层、第十一层的弹性变形集中，导致该结构六层

以上全部倒塌。1995 年阪神地震再一次证明避免底部出现软弱层及防止中间楼层刚度、承载力突变的重要性。某框架结构, 5 层以下为钢骨混凝土柱 (SRC 柱), 截面 $750\text{mm} \times 750\text{mm}$ 且配筋较多, 以上则为钢筋混凝土柱 (RC 柱), 截面 $650\text{mm} \times 650\text{mm}$ 且配筋很少, 从而造成结构在 5、6 层间的侧向刚度、承载能力突变, 地震时中间层破坏 (图 1.1-5)。在结构顶部, 顶部局部突出部位特别是体型细长的塔楼等, 由于上、下部楼层侧向刚度差异过大, 加之高振型的影响, 产生显著的鞭梢效应, 地震中同样会使结构遭受破坏甚至倒塌。天津南开大学主楼上面 3 层框架塔楼主震中已严重破坏, 余震中全部倒塌。汶川地震都江堰某 5 层框架结构屋顶小塔楼倾倒, 而下部结构基本完好。



图 1.1-4 汶川地震北川一中五层教学楼只剩下三层



图 1.1-5 阪神地震某结构 SRC 柱变为 RC 柱中间层破坏

大底盘多塔楼或单塔楼, 上、下楼层侧向刚度、承载能力突变, 地震中容易遭受破坏。1995 年日本阪神地震中, 有几幢带底盘的单塔楼建筑, 在底盘上一层遭受严重破坏。一幢 5 层的建筑, 第一层为大底盘裙房, 上部 4 层突然收进, 而且位于大底盘的一侧, 上部结构与大底盘结构质心的偏心距离较大, 地震中第二层 (即大底盘上一层) 遭受严重破坏; 另一幢 12 层建筑, 底部 2 层为大底盘, 上部 10 层突然收进, 并位于大底盘的一侧, 地震中第三层 (即大底盘上一层) 遭受严重破坏, 第四层也受到破坏。



图 1.1-6 汶川地震中连廊倒塌

连体结构的连接体及与连接体相连的结构构件受力复杂, 扭转性能较差, 对竖向地震反应敏感, 容易形成薄弱部位。日本阪神地震、我国台湾集集地震、汶川地震中连接体 (连廊) 塌落较多, 同时使与连接体相连的结构构件也遭受严重破坏 (图 1.1-6)。

3. 防震缝的震害

设置防震缝的结构, 由于防震缝的宽度受到建筑装饰等要求的限制, 往往难以满足强烈地震时结构实际侧移量, 从而造成相邻结构单元间碰撞破坏。唐山地震除北京饭店 (缝净宽 600mm) 外, 几乎是

有缝必碰，有碰必坏。轻者使面砖、女儿墙碰坏，重者则立体框架碰撞。由于主体结构开裂、损坏，进入弹塑性工作状态，变形远大于计算值，超出了原设计的预计。缝净宽达150mm的天津友谊宾馆（8层框架结构）和北京民航大楼（9层框架结构）也难以避免碰撞。汶川地震中由于相邻建筑物缝宽很小而碰撞，防震缝的震害也很普遍（图1.1-7）。因此，应综合考虑各种因素以确定是否设置防震缝。当必须设置防震缝时，应留有足够的防震缝宽度。

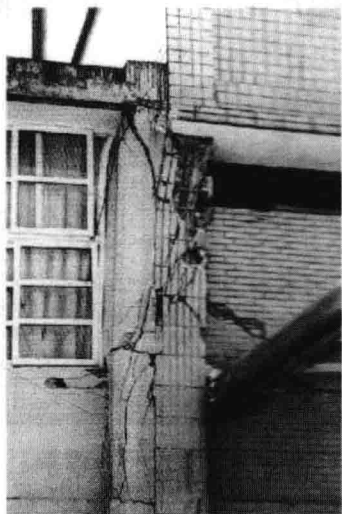


图 1.1-7 汶川地震相邻建筑物碰撞

4. 框架的震害

框架的破坏较普遍，震害大多发生于柱端和节点核心区，尤其是角柱更易破坏。1985年墨西哥地震，梁、柱截面过小且超量配筋造成框架倒塌，柱端、节点核心区、角柱及加腋梁的变截面处是框架结构的主要破坏部位。1979年美国加州爱尔生居地震，柱在首层埋入地面中破坏，说明地面的约束作用不能忽视。我国汶川地震框架柱的主要震害形态为：柱端水平裂缝、柱端和节点的斜裂缝或交叉裂缝，柱端剪切破坏，柱脚混凝土压碎，震害严重者发生断裂、错位、混凝土崩落、钢筋压弯等。图1.1-8为汶川地震都江堰某5层框架结构，柱端折断，整体倒塌，图1.1-9为汶川地震都江堰某6层底框底层柱，由于柱头加腋，导致加腋区段柱子承载能力相对较低，此处柱混凝土压溃，钢筋笼呈灯笼状破坏。框架梁柱节点

核心区的破坏也很普遍，特别是当节点核心区两侧梁和（或）上、下柱截面高度不同时，这类异形节点更易遭受破坏（图1.1-10）。当节点核心区无箍筋约束时，节点与柱端的破坏更加严重。



图 1.1-8 都江堰某5层框架结构柱折断



图 1.1-9 都江堰某6层底框底层柱头加腋破坏

强柱弱梁的破坏也较典型，汶川地震中这类震害并不少见。图1.1-11为汶川地震某框架强柱弱梁破坏照片，柱头压弯，混凝土压溃，钢筋弯曲外露，柱子已完全破坏，而梁则未见明显裂缝，这说明加强预期塑性铰部位的承载力和构造的重要性。

同一楼层长短柱合用的框架结构柱子破坏严重。由于砖砌填充墙的不合理砌筑或带形

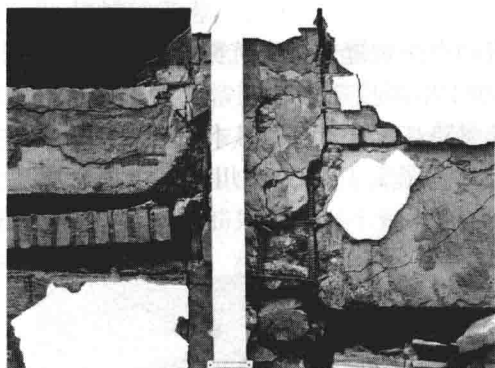


图 1.1-10 汶川地震映秀镇某框架结构，
框架节点两侧梁标高不同，节点破坏



图 1.1-11 汶川地震某框架强柱弱梁破坏

窗使得框架柱形成短柱，地震中也很容易出现柱子的剪切破坏。1975 年日本大分地震、1976 年我国唐山地震、汶川地震等，这类短柱都遭受严重破坏。图 1.1-12 为汶川地震中绵竹某 4 层框架由于设置带型窗，填充墙导致的框架短柱破坏。

相比较而言，框架梁的震害较轻，震害形态基本表现为梁端的竖向弯曲裂缝或剪切斜裂缝（图 1.1-13）。



图 1.1-12 绵竹某 4 层框架短柱破坏

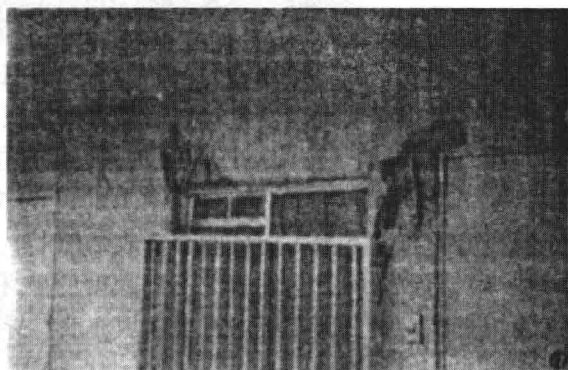


图 1.1-13 阪神地震某框架梁端弯曲屈服后压坏

5. 剪力墙的震害

剪力墙的震害包括连梁的剪切破坏、剪力墙底部破坏等。

剪力墙底层墙肢内力最大，容易在墙肢底部出现斜裂缝及破坏；当墙肢高宽比较小时，墙肢中小的斜向裂缝可能贯通成大的斜向裂缝而破坏，如 1978 年日本仙台地震时，某结构外墙由于墙体开窗形成矮而宽的墙肢，其上部出现典型的斜向交叉裂缝。图 1.1-14 为日本阪神地震中某底部大空间结构底部剪力墙墙肢剪切破坏，图 1.1-15 为我国汶川地震中都江堰某 18 层框架-剪力墙结构，剪力墙墙肢底部混凝土压



图 1.1-14 阪神地震某剪力墙墙肢剪切破坏

碎、主筋压屈破坏。

跨高比较小的连梁，除了端部容易出现垂直的弯曲裂缝外，当抗剪箍筋不足或剪应力过大时，还容易很早就出现斜向的剪切裂缝。1964 年阿拉斯加地震，安克雷奇市一幢公寓楼山墙的破坏是很典型的连梁剪切破坏，该连梁跨高比小于 1。日本阪神地震、我国台湾集集地震、汶川地震均出现不少连梁的剪切破坏。图 1.1-16 为汶川地震中都江堰某 11 层框架-剪力墙结构中某剪力墙连梁出现“X”形裂缝。

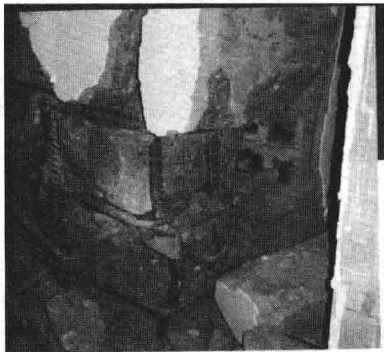


图 1.1-15 都江堰某 18 层框架-剪力墙结构，剪力墙墙肢破坏

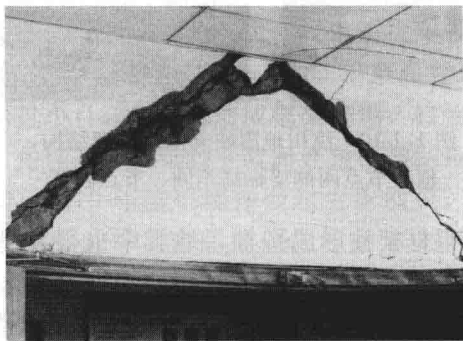


图 1.1-16 都江堰某 11 层框架-剪力墙结构，连梁破坏

6. 填充墙的震害

历次地震，框架填充墙的破坏都是量大面广。主要震害有：对墙体高大、开窗面积较大或圆弧形填充墙，易发生填充墙整片倒塌或局部塌落（特别是填充墙与主体结构缺乏有效拉接）；在端墙、窗间墙或门洞口的边角部位易受剪破坏出现典型的斜裂缝或交叉裂缝，或沿窗口上、下产生水平裂缝。图 1.1-17 为汶川地震某 4 层框架结构填充墙的倒塌。由于填充墙的布置不当，还可能会造成结构上、下楼层刚度突变、扭转偏心较大、框架柱为短柱等，导致结构或构件遭受不同程度的破坏。图 1.1-18 为汶川地震中某建筑底层为车库无填充墙，而上部楼层均有很多填充墙，导致结构下柔上刚，地震中底层完全破坏。



图 1.1-17 某 4 层框架结构填充墙的倒塌



图 1.1-18 填充墙导致结构下柔上刚的震害

7. 楼梯的震害

楼梯的震害是我国汶川地震中的一个突出问题,以往由于没有考虑楼梯参与抗震计算,仅对楼梯进行静力分析和设计,而实际上楼梯对框架结构提供了较大的抗侧移刚度,在水平地震的往复作用下,楼梯板承受往复拉压作用。震害轻微者,楼梯板出现1~2条水平裂缝,平台梁板出现剪切裂缝;震害较重者,楼梯板受力筋压曲或个别断裂、平台梁板混凝土崩落、钢筋外露,有个别震害严重者,楼梯板完全拉断。图1.1-19为汶川地震中映秀某框架结构,楼梯梁、板、填充墙均遭受严重破坏。



图 1.1-19 映秀某框架结构楼梯破坏

二、抗震概念设计若干原则

1. 建筑结构的规则性

建筑结构的规则性对结构的抗震能力至关重要。

建筑设计应根据抗震概念设计的要求明确建筑形体(形体指建筑平面形状和立面、竖向剖面的变化)的规则性;不规则的建筑应按规定采取加强措施;特别不规则的建筑应进行专门研究和论证,采取特别的加强措施;不应采用严重不规则的建筑。

1) 择优选用抗震性能好且经济合理的结构体系。结构应具有明确、合理的地震作用传力途径。

2) 结构抗侧力构件的布置宜规则、对称,受力明确、力求简单,传力合理、途径不间断,并应具有良好的整体性。

在一个独立的结构单元内,宜使结构的平面形状简单、规则,应避免应力集中的凹角和狭长的缩颈部位,避免楼板开大洞导致水平力传递中断、不合理;结构的平面布置应避免在平面的凹角和端部设置楼、电梯间,减少偏心,使结构在具有较合理的抗侧力刚度的同时也具有较合理的抗扭刚度。减少地震作用下的结构扭转效应。

结构的竖向体型尽量避免外挑,内收也不宜过多、过急,结构刚度、质量、承载力沿房屋高度宜均匀、连续分布,避免因楼层侧向刚度突变或受剪承载力突变、质量突变而造成结构的软弱部位或薄弱部位。

建筑结构规则性的有关规定详见本章第三节。