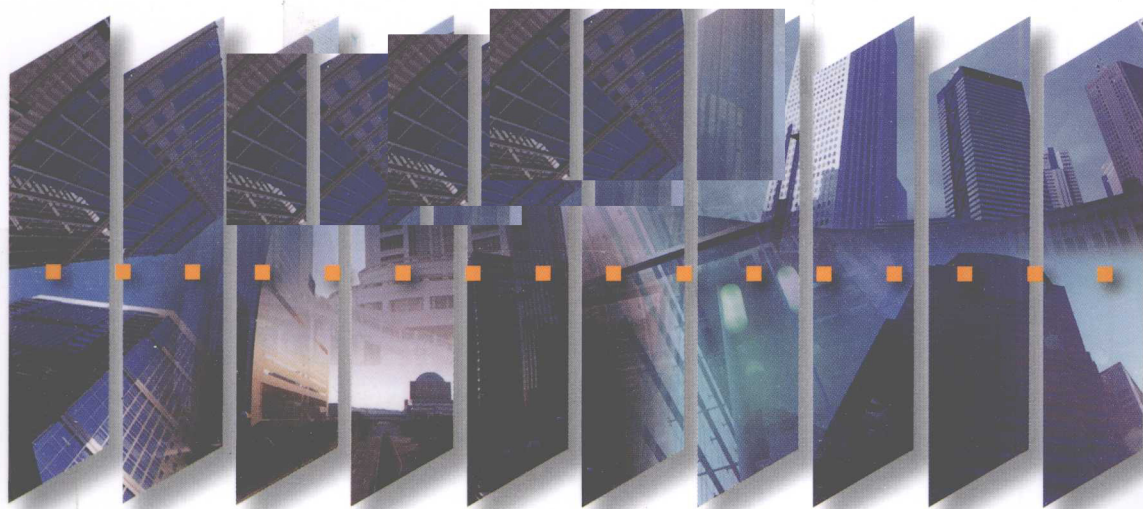


图解

钢筋混凝土结构 抗震加固技术

〔日〕抗震加固研究会 编
季小莲 译



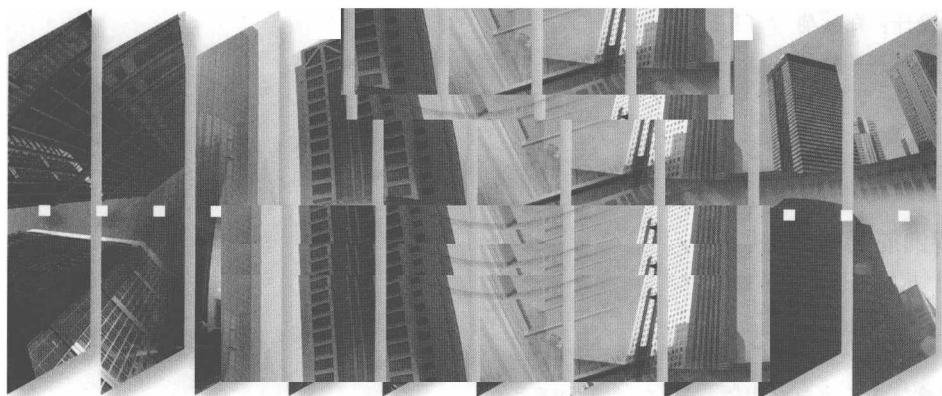
中国建筑工业出版社

图解

钢筋混凝土结构 抗震加固技术

[日] 抗震加固研究会 编

季小莲 译



中国建筑工业出版社

著作权合同登记图字：01-2008-4306号

图书在版编目（CIP）数据

图解钢筋混凝土结构抗震加固技术/[日]抗震加固研究会编；季小莲译.
北京：中国建筑工业出版社，2009

ISBN 978-7-112-11047-6

I. 图… II. ①日…②季… III. 钢筋混凝土结构：抗震结构-加固-图解
IV. TU375-64 TU352.1-64

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2009）第 097654 号

Original Japanese edition

Zukai RCZou Tatemono no Taishin Hokyo

Edited by Taishin Hokyo Kenkyukai

Copyright © 2008 by Taishin Hokyo Kenkyukai

Published by Ohmsha, Ltd.

This Chinese Language edition published by (China Architecture & Building Press)

Copyright © 2009

All rights reserved.

本书由日本欧姆社授权翻译出版

责任编辑：白玉美 刘文昕

责任设计：郑秋菊

责任校对：兰曼利

图解钢筋混凝土结构抗震加固技术

[日] 抗震加固研究会 编

季小莲 译

*

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

北京嘉泰利德公司制版

北京建筑工业印刷厂印刷

*

开本：787×1092 毫米 1/16 印张：14 $\frac{3}{4}$ 字数：368 千字

2010 年 1 月第一版 2010 年 1 月第一次印刷

定价：46.00 元

ISBN 978-7-112-11047-6

(18281)

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）

编著者一览

编者 榎谷荣次（关东学院大学名誉教授，SPAC 抗震加固研究所）

执笔

- 1 章 榎谷荣次（同上）
- 2 章 奥园敏文（结构规划研究所）
- 3 章 永坂具也（东海大学）
- 4、5 章 榎谷荣次（同上） (4. 1, 5. 1)
- 宫内靖昌（竹中工务店） (4. 2. 1, 5. 2. 1)
- 渡边幸范（MYHZ Architect Collaborative Association） (4. 2. 2, 5. 2. 2)
- 草加俊资（大成建设株式会社） (4. 2. 3)
- 副松昌之（大成建设株式会社） (5. 2. 3)
- 增田安彦（大林组） (4. 2. 4, 5. 2. 4)
- 加藤三晴（PITA COLUMN 株式会社） (4. 2. 5, 5. 2. 5)
- 牧田敏郎（间组株式会社） (4. 2. 6, 5. 2. 6)
- 林田则光，八木沼宏己（富士 PS 株式会社） (4. 2. 7, 5. 2. 7)
- 冈本 直（Institute of Technologists 客座教授，日本化成株式会社） (4. 3. 1, 5. 3. 1)
- 塚越英夫（清水建设株式会社） (4. 3. 2, 5. 3. 2)
- 久保田雅春（飞岛建设株式会社） (4. 4. 1, 5. 4. 1)
- 北岛圭二（青木 ASUNARO 建设株式会社） (4. 4. 2, 5. 4. 2)
- 6 章 杉崎良一（大成建设株式会社）
- 执笔助理** 玉腰 彻（司构造计划株式会社） (5. 3. 1)

序

1995年1月,日本兵库县南部发生的地震对兵库县的建筑物及构筑物造成了巨大破坏,此次灾难性事件至今记忆犹新。地震发生后,国土交通省立即推出了“关于促进建筑物抗震改造的相关法律”,并于2006年进行了局部修改。在当时这些法律文件中的内容被作为应努力实现的目标加以执行。随后在新潟县和能登冲相继发生的地震中又有很多建筑物遭到破坏。由此人们对既有建筑物的抗震加固改造的关注和社会需求迅速增加,为上述法律的实现创造了必要条件。

纵观抗震加固改造的发展过程可以看出,最先是从被指定为区域避难场所的学校设施开始的,其加固方法多采用支撑加固工法。然而有很多采用了这种加固方法的建筑物其实并不适合这种工法。发生这种现象的主要原因是设计者对这种支撑加固工法较为熟悉且经常使用,设计和施工都比较易于把握,而对于其他加固工法的现状不了解,或者很难获得相关的信息。

近年发现建筑物中存在的主要问题是,有很多建筑在抗震诊断阶段对混凝土取样后进行抗压实验结果显示混凝土强度等级低于 13.5N/mm^2 ,属于不合格建筑物。对于这种混凝土强度很低、采用光面钢筋且抗剪钢筋很少的钢筋混凝土框架,当采用增加支撑的方法进行加固时,会产生在钢支撑发生破坏之前与其连接的钢筋混凝土边框构件先行破坏的现象。因此对这类建筑最重要的不是增加钢支撑,而是应当对柱子、梁进行加固。

针对上述情况,在参与加固工法技术开发的相关企业和研究会的相关人员的支持和帮助下,我们整理并完成了这本介绍增加支撑工法以外的新抗震加固工法的书籍,并努力以浅显易懂的语言进行讲解。书中的内容构成为:第一章、第二章、第三章中介绍与抗震加固改造相关的传统工法技术的一般理论,第四章、第五章、第六章分别从设计与施工的角度介绍新抗震加固改造工法。书中介绍的新工法中,有些已经在实际中得到广泛应用,并且作为抗震加固改造工法获得很高评价,有些虽然实际应用尚少,但在今后预计会有广泛的发展应用前景。

这里简单地介绍一下各章的内容。第一章叙述抗震加固技术的最新动向;第二章简单介绍与抗震诊断和抗震加固相关的法律法规;第三章阐述用于抗震诊断和抗震加固的强度评价公式的设计思想;第四章叙述各种新型抗震加固工法的特点及抗震加固效果;第五章介绍各种抗震加固工法的设计方法,并介绍具体的施

工实例；第六章总结并整理了各种工法实际应用中的造价情况。

需要说明的是本书中介绍的造价均为概算值，随着施工条件的不同将发生变化，具体详情请咨询相关单位。

本书不仅适合从事设计和施工的人员阅读，凡是对建筑物的抗震改造表示关注的人都非常值得一读。

最后对在本书的编辑中给予莫大支持与协助的欧姆社的全体同仁表示衷心的感谢。

抗震加固研究会 榎谷 荣次

2008 年 4 月

目 录

第 1 章 抗震加固改造技术的现状与发展趋势

1.1 抗震加固改造技术的现状	2
1.2 抗震加固的目标	4
1.2.1 抗震化比例与法律	4
1.2.2 抗震性能评价	5
1.3 抗震加固工法的选择	7
1.3.1 抗震加固工法的分类	7
1.3.2 抗震改造工法的适用性	9
参考文献	10

第 2 章 抗震加固的设计思想

2.1 建筑物的抗震性能	12
2.1.1 对抗震性能的认识	12
2.1.2 建筑物的抗震性能	13
2.1.3 构件的抗震性能	16
2.2 抗震加固工法的分类	19
2.2.1 加固工法概要	19
2.2.2 提高强度	20
2.2.3 提高延性	23
2.2.4 改善刚度	24
2.2.5 增加阻尼	25
2.3 与抗震性能相适应的加固计划	25
2.3.1 加固计划的实施方法	25
2.3.2 提高建筑物整体承载力	26
2.3.3 改善建筑物的极限变形能力 F_u	26
2.3.4 改善形状指标 S_D	26
2.3.5 改善时效指标 T	27
2.3.6 提高构件承载力	28
2.3.7 提高构件延性	28
2.3.8 改善框支柱	28

第3章 构件抗震性能的评价方法

3.1 评价方法概况	30
3.2 受弯承载力	30
3.2.1 截面的受弯承载力公式	30
3.2.2 构件的受弯屈服与受弯承载力	36
3.3 受剪承载力	37
3.3.1 构件的受剪承载力公式	38
3.3.2 构件的抗剪能力及抗剪原理	39
3.4 延性性能	42
参考文献	45

第4章 抗震改造工法的概要与特征

4.1 抗震改造工法的种类与概要	48
4.2 强度型抗震加固	50
4.2.1 钢支撑粘接工法	50
4.2.2 横须贺型外设钢支撑抗震加固工法	54
4.2.3 采用格子型砌块抗震墙（格子墙）的加固工法	59
4.2.4 预制砌块抗震墙工法	65
4.2.5 密贴柱工法	69
4.2.6 OFB 工法	75
4.2.7 平行斜拉钢棒构造方法	79
4.3 延性型抗震加固	84
4.3.1 SPAC 抗震加固工法	84
4.3.2 SR-CF（碳纤维加固）工法	88
4.4 采用减震支撑的抗震加固	92
4.4.1 肘节（toggle）减震	92
4.4.2 外设减震支撑工法	100
参考文献	104

第5章 抗震加固设计实例

5.1 设计实例概要	108
5.2 强度型抗震加固	108
5.2.1 钢支撑粘接工法	108
5.2.2 横须贺型外设支撑抗震加固工法	112
5.2.3 采用格子型砌块抗震墙（交叉格子墙）的抗震加固 设计实例	120

5.2.4	预制砌块抗震墙工法	127
5.2.5	密贴柱工法	134
5.2.6	OFB 工法	141
5.2.7	平行斜拉钢棒构架方法 (单根柱型设计实例)	149
5.3	延性型抗震加固	157
5.3.1	SPAC 抗震加固工法	157
5.3.2	SR-CF 工法	175
5.4	采用减震支撑的抗震加固	181
5.4.1	肘节减震	181
5.4.2	外设减震支撑工法	190
	参考文献	202

第 6 章 抗震加固概算

6.1	概算的必要性	206
6.2	抗震加固工法	207
6.2.1	抗震加固工法的种类	207
6.2.2	抗震加固工法的价格	208
6.2.3	抗震加固实施实例的概算项目	211
6.2.4	抗震加固工程的标准价格	213
6.2.5	抗震加固概算实例	215
6.3	减震改造 (翻修) 工程	216
6.4	隔震改造 (翻修) 工程	216
6.5	概算时的注意事项	219
附录	对各种抗震加固工法的调查	221

第 1 章

抗震加固改造技术的现状与发展趋势

- 1.1 抗震加固改造技术的现状
- 1.2 抗震加固的目标
- 1.3 抗震加固工法的选择

1.1 抗震加固改造技术的现状

1981年新抗震设计法实施之前,所建设的钢筋混凝土建筑由于抗震设防标准设定较低,判断钢筋混凝土抗震性能的指标 I_s 值普遍小于0.3(相当于现行规范中抗震强度低于0.5)。可以预测这些建筑在大地震袭来时发生倒塌或破坏的危险性很高。然而在现有建筑中,除学校设施和公共建筑物中的重要设施之外,仅极少数建筑物进行了抗震加固,而大部分建筑物都没有采取任何加固措施。

在这种形势中,只有学校设施特别是公立中小学校的校舍、体育馆等由于被指定为大地震发生时的避难场所,可以获得文部科学省(相当于教育部)的抗震加固补偿金,并由地方自治团体组织积极开展抗震加固改造工作以抵抗大地震时可能造成的破坏。在进行建筑物的抗震加固改造之前,首先应通过抗震诊断对建筑物的抗震性能进行调查,并决定是否需要抗震加固。在日本,对建筑物的抗震诊断、抗震改造的统计调查工作必须委托总管行政部门(如国土交通省或文部科学省)进行。目前有关公立中小学校的学校设施(校舍及室内体育馆)的抗震诊断及抗震改造的现状可以从文部科学省的调查报告中获得(2007年4月1日)。

根据公布的调查结果,如图1.1中所示,现在在全国建设的约13万栋校舍和体育馆中,其中1981年以前建成的有80762栋,已进行抗震诊断的学校设施数为72167栋(占89.4%),未进行抗震诊断的学校设施数为8595栋(占10.6%),可以看出绝大部分学校设施都进行了抗震诊断。

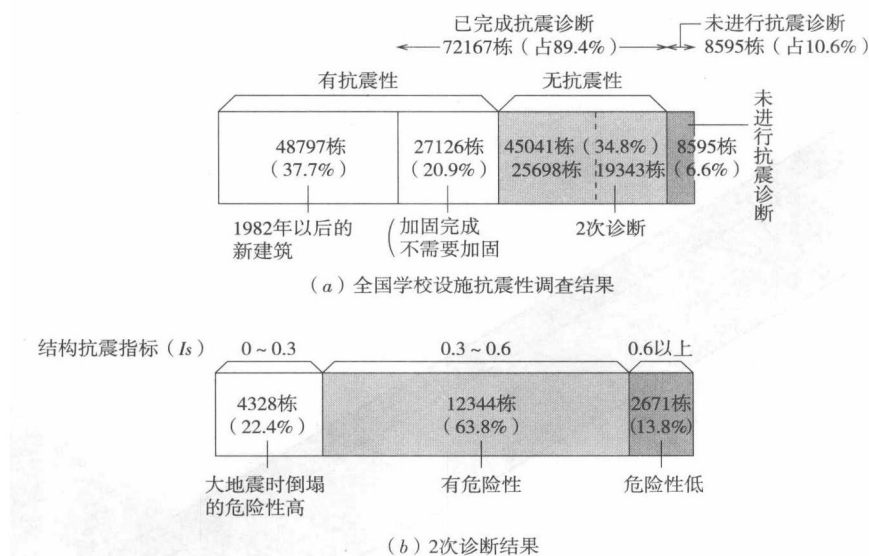


图 1.1 公立中小学校设施的抗震性能状况
(截至 2007 年 4 月 1 日)

在该抗震诊断结果中, 45041 栋被判定为无抗震性能的学校设施中, 有 19343 栋建筑符合日本建筑防灾协会抗震诊断标准中必须进行正规 2 次诊断的条件, 剩余 25698 栋建筑可以采用简易方法或其他方法进行诊断。在上述抗震诊断结果中, 如图 1.1 中所示, 结构抗震指标 I_s 值不满 0.3 的学校设施有 4328 栋 (占 22.4%)。这种抗震水准的学校设施, 根据国土交通省标准被定义为“大地震发生时倒塌的危险性高”, 按照文部科学省抗震事业部的规定对于这种建筑不能“加固”, 而是应该作为申请改建的对象。但是由于地方自治团体的经费预算不足, 一般不愿意“改建”, 而是希望通过努力“加固”的方法, 使尽量多的学校设施达到抗震性能标准。另外 I_s 值在 0.3 ~ 0.6 范围内的学校设施有 12344 栋 (占 63.8%), 由于在大地震时有倒塌的可能性需要进行加固。 I_s 值超过 0.6 的学校设施有 2671 栋 (占 13.8%), 在大地震时倒塌的可能性低。但是由于学校设施作为在地震发生时的避难场所非常重要, 因此一般在制定加固计划时使 I_s 值达到 0.7 以上。

根据针对 1981 年以前建设的公立中小学校的校舍、体育馆进行抗震诊断的调查结果, 文部科学省对被判定为“无抗震性能”的学校设施的抗震加固改造状况进行了调查。图 1.2 中根据统计出来的抗震化比例 (抗震加固的实施数量与被判定为无抗震性能的学校设施的比值), 按照各个县由高到低的顺序进行了排列。同时该图中还列出了抗震诊断实施比例。从中可以看出各县对公立中小学校学校设施进行抗震加固的状况及其差异。

从图中可以看出, 抗震化比例最高的神奈川县是该比例最低的长崎县的约 2 倍。从学校的抗震化比例, 一方面可以看出存在着预算不足的现状, 但更可以看出政府对于该问题的重视程度的差异。为了缩小这一差距应多方面采取措施。一方面国土交通省应该扩大援助的力度, 另一方面也期待着地方企业作为赞助商给予支持。

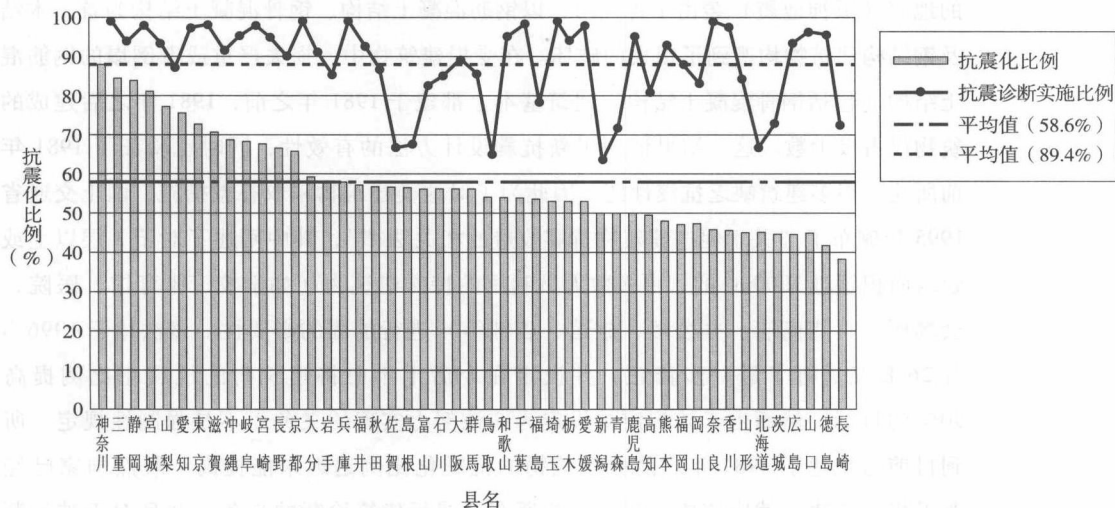


图 1.2 各县公立中小学校设施的抗震改造实施状况
(截至 2007 年 4 月 1 日)

另外根据国土交通省针对公寓进行的实际调查报告,1981年以前建设的公寓中截至2007年3月使用期限超过30年以上的公寓在全国有1万栋以上,5年以后将超过2万栋。与学校设施不同,由于钢筋混凝土结构和钢骨混凝土结构的公寓不适合采用钢支撑加固工法,且没有合适的相应工法可以采用,所以公寓的加固一般只限于对底层框支柱的加固。还有一个很难进行加固的原因就是根据建筑划分所有权法的规定,公寓的抗震加固必须得到三分之二以上住户所有权者的同意。今后为了推进公寓的抗震加固工作,国土交通省应对相关法律进行适当修正。

1.2 抗震加固的目标

1.2.1 抗震化比例与法律

决定建筑物抗震性能的建筑标准法,在不断发生的地震对建筑物造成巨大破坏的惨痛教训中不断吸取教训,其内容不断地被修订完善。使抗震性能内容发生重大变化的契机是于1978年6月12日发生在宫城县震级7.4级的地震。该地震发生后,人们开始对钢筋混凝土建筑中存在的有关抗震性能的若干重大问题表示出强烈关注,并于1981年在总结以往地震灾害中各种经验教训的基础上修改了建筑标准法实施令。该法规中采用的抗震设计法,从以往依靠结构(抗震墙)强度的设计思想转变成依据建筑物中构架延性(韧性)的新的设计思想,即新抗震设计方法。这在抗震设计史上是一个划时代的转变。也就是说,通过导入新的抗震设计方法,使建筑物抗震性能的内容以1981年为界发生了重大的变化。

采用新抗震设计方法14年之后的1995年1月17日,在兵库县南部发生的7.3震级的地震(阪神地震)袭击了神户市,以钢筋混凝土结构、钢骨混凝土结构为首,木结构及钢结构建筑物均遭到了很大的破坏。在受损建筑物中,损失严重或者倒塌的钢筋混凝土结构(包括钢骨混凝土结构)建筑基本上都建于1981年之前,1981年之后建成的建筑物仅占极少数。这一结果证明了新抗震设计方法的有效性,同时也验证了1981年之前所建的很多建筑缺乏抗震性能。因此为了对这类建筑物采取补救措施,国土交通省于1995年颁布了“关于促进建筑物抗震改造的相关法律”,其中阐述了对于3层以上或者建筑面积超过 1000m^2 的、由多数人员利用的特殊建筑物(如学校、体育馆、医院、集会场所、百货商店、办公楼、旅馆、店铺等)进行加固的必要性。该法律于1996年1月26日又进行了进一步修正,并设定在今后十年中将建筑物的抗震化比例提高至90%的目标。然而由于该规定被设定为应该努力实现的义务而不是强制性规定,所以到目前为止建于1981年之前的建筑物的抗震化比例迟迟未能提高。既然国家已经颁布了相关法律,就应该要求建筑物的所有者履行建筑诊断的义务,并且对于被诊断为“不具备抗震性能的建筑物”提供援助制度,创造可以快速对该类建筑物进行加固改造的环境。

1.2.2 抗震性能评价

目前评价建筑物抗震性能的主要设计方法采用《建筑标准法·同实施令》中规定的极限承载力计算方法。该设计方法要求建筑物在强地震作用时,至少应具有保证人身安全的最低抗震性能。该内容是以建筑物在强地震作用时,其极限承载力 Q_{un} 超过作用于该建筑物地震力 Q_{ud} 的水平抗力为必要条件的。

$$Q_{un} \geq D_s \times F_{es} \times Q_{ud} \tag{1.1}$$

式中的地震力 Q_{ud} 按下式计算

$$Q_{ud} = Z \times R_t \times A_i \times C_0 \times W \tag{1.2}$$

式(1.1)及式(1.2)中, D_s 为结构特征系数, F_{es} 为形状系数, A_i 为地震层剪力系数, Z 为地域系数, R_t 为振动特性系数, C_0 为标准剪力系数,设 $C_0 \geq 1$ 。 W 表示建筑物的重量。

将公式(1.2)代入公式(1.1)中,并设 $Q_{un}/W = C$,则可得出下式。

$$1/A_i \times 1/D_s \times 1/F_{es} \times C \geq Z \times R_t \times C_0 \tag{1.3}$$

式中 C 被称作强度指标,表示柱子及墙的水平抗力与建筑物重量的比值。

而对于既有建筑物的抗震性能的判断标准,现在广泛采用的、用于建筑物诊断或改造的抗震诊断标准是以“关于促进建筑物抗震改造的相关法律”为依据,以“在地震振动或撞击时倒塌或破坏的可能性低”作为建筑物抗震性能的判别标准。根据这一判别标准,代表建筑物抗震性能的结构抗震指标 I_s 值只要超过根据以往大地震中损坏的建筑物的破坏情况所建议的结构抗震判断指标 I_{so} ,就可以认为具有优秀的抗震性能^[1]。

$$I_s \geq I_{so} \tag{1.4}$$

式中,结构抗震指标 I_s 由下式表示。

$$I_s = E_0 \times S_D \times T = (n+1) / (n+i) \times C \times F \times S_D \times T \tag{1.5}$$

在该式中,保有性能基本指标 $E = (n+1)/(n+i) \times C$ 。其中, F 为延性指标, S_D 为形状指标, T_0 为时效指标。

将公式(1.5)代入公式(1.4)中,可得出下式。

$$(n+1) / (n+i) \times F \times S_D \times T \times C \geq I_{so} \tag{1.6}$$

式中, n 为总层数, i 为所在层层数。

假设 $T=1.0$,由公式(1.3)和公式(1.6),可以得到极限承载力设计方法与抗震诊断标准中所规定的设计方法之间的关系,见表1.1。

从表1.1中可以看出,极限承载力公式中各系数的倒数与抗震诊断标准式中的各系数相互对应。

对于形状规整的中低层建筑,规定结构抗震判断指标 I_{so} 为0.6。对1995年发生在兵库县南部的、在地震中受灾的中低

抗震性能评价公式之间的对应关系 表 1.1

极限承载力	抗震诊断标准
$1/A_i$	$(n+1) / (n+i)$
$1/D_s$	F
$1/F_{es}$	S
$Z \times R_t \times C_0$	I_{so}

第 1 章

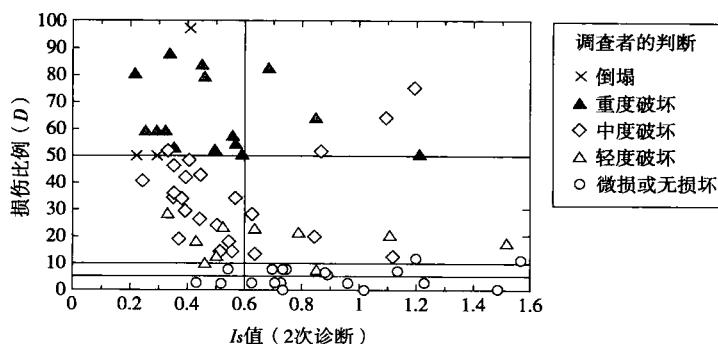
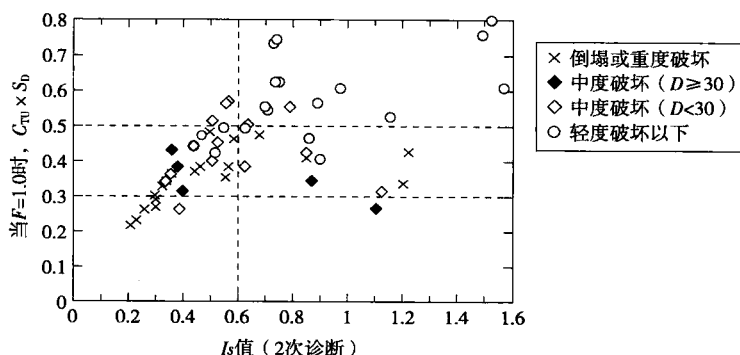
第 2 章

第 3 章

第 4 章

第 5 章

第 6 章


图 1.3 I_s 值与损伤比例的关系

图 1.4 2 次诊断中 I_s 值指标与 $F=1.0$ 时的 $C_{TU} \times S_D$ 指标的关系

层钢筋混凝土建筑物，采用 2 次诊断法计算得到的结构抗震指标 (I_s) 与建筑物的受损比例 D (该数值越大表示受损程度越高的指标) 之间的关系见图 1.3。从图中可以看出倒塌或者损伤严重的建筑物 ($D \geq 50$) 的 I_s 值均集中在小于 0.6 的领域之内，验证了 I_{s0} 取 0.6 的合理性。

而极限承载力设计法中要求钢筋混凝土建筑物的结构特征系数应满足 $D_s \geq 0.3$ 。所以在公式 (1.3) 中，当 C_{TU} (极限承载力时的累计强度指标) $= (1/A_i) \times C$, $S_D = 1/F_{es}$, $D_s = 0.3$, $Z = R_t = C_0 = 1.0$ 时，可推导出下式。

$$C_{TU} \times S_D \geq 0.3 \quad (1.7)$$

以兵库县南部地震中受灾学校为例，根据 2 次诊断法， $F_s = 1.0$ (建筑层间位移角为 $1/250$ ，柱和墙发生剪切破坏时的状态) 时， $C_{TU} \times S_D$ 指标与 I_s 值的图示关系见图 1.4。从该图中可以看出，当 $I_s \geq 0.6$ 时，上述条件式基本上可以得到满足。但是当 $C_{TU} \times S_D$ 值在 $0.3 \sim 0.5$ 范围内时，有若干建筑物发生了严重破坏。为了防止这种受灾现象发生，应确保 $C_{TU} \times S_D$ 值在 0.45 以上。

1.3 抗震加固工法的选择

1.3.1 抗震加固工法的分类

既有钢筋混凝土建筑（钢筋混凝土结构或钢骨混凝土结构）的抗震改造主要有以下几种加固方法^[3-5]。

- 【1】增加结构的水平承载力（强度型加固）
- 【2】提高结构的延性（延性型加固）
- 【3】减少作用于结构上的地震力（隔震、减震结构）
- 【4】防止结构上受损伤位置过度集中

这里【1】和【2】的加固方法，是通过对既有建筑物进行加固增加建筑物的承载能力和延性，是通过加固提高建筑物抗震能力的积极的加固方法。【3】的加固方法是通过在既有建筑物中设置隔离层、阻尼器等装置降低作用于建筑物上的地震力的方法，采用的是与抗震不同的技术手段。【4】的加固方法采用的不是对既有建筑物进行加固，而是通过在墙上设抗震缝等形式改善柱子破坏形式，以达到提高建筑物抗震性能的手法。上述通过采取对既有结构加固、改善或设置减震装置等措施提高建筑物抗震性能时，非常关键的是水平抵抗构件应具有良好的结构性能。以下具体介绍在提高建筑物抗震性能的方法中具有很好加固效果的【1】、【2】、【3】的加固方法。

强度型改造工法 表 1.2

强度型改造工法	水平抵抗构件	连接方法*
增设后浇墙	• 新增设抗震墙 • 加厚抗震墙 • 墙洞口封堵 • 设侧墙	A A A A
设钢构架改造	• 钢支撑 • 钢板抗震墙	A, R A
外设钢构件改造	• 外设钢支撑 • 外设内藏钢板混凝土支撑 • 外设钢棒支撑	A A A, P
增设构架 (外设构架改造)	• 增设核心筒结构 • 增设巨型框架 • 增设扶壁墙垛 • 增设构架	A A A A
其他强度型改造	• 格子型砌块抗震墙 • 预制砌块抗震墙 • 预制支撑 • 无粘接支撑	A A P A

* A: 锚筋或螺栓连接 P: PC 钢棒的施压连接 R: 粘接连接

【1】强度型改造工法

强度型改造工法采用的是将墙、支撑、框架等抗侧力构件设置在既有钢筋混凝土或钢骨混凝土框架结构的内侧或外侧的方法,前者称作内设法,后者称作外设法。抗侧力构件与原结构主体的连接采用后植螺栓连接法、PC 钢棒的施压连接法及粘接连接法。该改造方法如表 1.2 中所示,有采用钢筋混凝土或预制钢筋混凝土抗震墙的方法,有采用钢支撑或预制钢筋混凝土支撑的工法,以及外设构架工法。本改造工法,通过采用面单元、支撑单元和框架单元作为抗侧力构件提供很大的水平抗力,是一种可使建筑物具有抵抗大地震能力的加固方法。

【2】延性型改造工法

如表 1.3 中所示,延性型改造工法是采用钢棒、钢板、连续纤维布、以及兼用钢板和连续纤维布等,对钢筋混凝土或钢骨混凝土结构柱进行外包的加固方法。这些加固材料与柱子之间的连接采用填充砂浆、使用胶粘剂粘接,或通过张紧钢棒进行施压的方法。这里所说的连续纤维布主要是指碳纤维、人造纤维、聚乙烯纤维以及玻璃纤维等。另外根据需要,本加固方法也适用于主梁和抗震墙的加固。

本加固工法一般适用于需要增加柱子的抗剪承载力、提高轴向承载力并增加延性的建筑。最近开发出了一种具有创新意义的工法,是通过在灌注砂浆中加入高强度钢筋达到增加强度目的的工法。

延性型改造工法

表 1.3

改造方法	水平抵抗构件	连接方法 [*]
外包钢筋混凝土改造	• 焊接钢丝网 • 焊接箍筋	C C
外绕钢筋箍改造	• 带肋钢筋 • PC 钢棒	JS JS
外包钢板改造	• 厚钢板	GM
外包连续纤维布改造	• 连续纤维布	R
兼用钢板及连续纤维布改造	• 薄钢板及连续纤维布	GM, R

* C: 混凝土 JS: 连接件 GM: 灌注砂浆

【3】隔震及减震型改造工法

如表 1.4 中所示,隔震工法采用的是在基础或地下基础与上部建筑物之间,以及中间层的柱子之间,设置如多层橡胶垫或滑移支座等隔离层以减少地震引起建筑物振动的改造