

钢板—混凝土组合剪力墙

郭兰慧 马欣伯 著



科学出版社

钢板-混凝土组合剪力墙

郭兰慧 马欣伯 著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书系统阐述了两边连接钢板-混凝土组合剪力墙、四边连接钢板剪力墙、四边连接钢板-混凝土组合剪力墙及其在结构体系中应用的理论、试验和分析方法,展示了上述构件及其结构体系在力学和抗震性能方面的创新性研究成果。主要包括:两边连接钢板-混凝土组合剪力墙的力学性能与简化分析模型;四边连接钢板剪力墙的力学性能与简化分析模型;四边连接钢板-混凝土组合剪力墙的力学性能与节点构造措施;钢管混凝土框架-组合剪力墙结构体系的抗震性能分析。

本书可供土木工程专业的高年级本科生、研究生、研究人员和工程设计人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

钢板-混凝土组合剪力墙/郭兰慧,马欣伯著. —北京:科学出版社,2013

ISBN 978-7-03-037545-2

I. ①钢… II. ①郭… ②马… III. ①钢板-框架剪力墙结构-研究
IV ①TU398

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 107877 号

责任编辑:刘信力/责任校对:刘小梅

责任印制:钱玉芬/封面设计:陈 敬

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京通州皇家印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2013 年 5 月第 一 版 开本: B5(720×1000)

2013 年 5 月第一次印刷 印张: 16

字数: 290 000

定价: 78.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)





郭兰慧 博士，哈尔滨工业大学土木工程学院副教授，博士生导师。国际钢-混凝土组合结构协会（ASCCS）会员，中国钢结构协会钢-混凝土组合结构分会会员，主要从事钢-混凝土组合结构和钢结构方面的研究。主持和参加国家自然科学基金、国家“十一五”科技支撑项目、中国博士后特别资助项目、教育部留学归国人员启动基金项目、黑龙江省自然科学基金项目、黑龙江省博士后基金项目、哈尔滨工业大学优秀青年教师基金等项目。曾赴美国、德国、韩国的高校进行长期访问交流。至今发表学术论文 70 余篇，其中 SCI 收录 16 篇，授权国家发明专利 6 项，参编教材 1 部。获黑龙江省自然科学技术学术成果二等奖 1 项，讲授课程获教育部首批双语教学示范课程称号。



马欣伯 博士，国家住房和城乡建设部科技与产业化发展中心副研究员，国际钢-混凝土组合结构协会（ASCCS）会员，中国钢结构协会钢-混凝土组合结构分会会员，中国绿色建筑委员会青年委员会委员，主要从事绿色建筑结构与绿色建筑评价技术研究。毕业于哈尔滨工业大学获结构工程专业工学博士学位，现为建筑结构专业副研究员。参与国家自然科学基金、国家“十二五”科技支撑计划、住房和城乡建设部科技计划和节能省地专项课题等多项研究，曾参与制定了绿色建筑评价和标准的相关管理文件，并参与编制出版著作 3 部，发表论文 30 余篇。

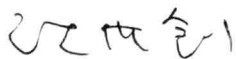
序

我国属于地震频发国家,近年来相继发生的四川汶川地震、青海玉树地震、四川雅安地震,给人们留下刻骨铭心的记忆,给整个国家带来巨大灾难,对广大人民群众的生命财产造成重大损失。建筑结构工程技术人员作为赋予建筑生命的创造者,长期以来一直致力于让建筑具备有效抵御地震灾害的能力,保证建筑“小震不坏、中震可修、大震不倒”。

钢筋混凝土剪力墙作为抗侧力构件广泛应用于高层建筑结构体系中,但钢筋混凝土剪力墙易开裂、延性差,同时不便于与钢框架或组合框架连接,因此具有良好的延性和便于施工的钢板剪力墙开始受关注,然而钢板剪力墙在侧向力作用下易发生出平面失稳导致耗能能力降低,在不断的工程实践与创新中钢板-混凝土组合剪力墙应运而生。这种组合剪力墙通过混凝土板对钢板提供侧向约束,有效限制钢板的出平面失稳,具有较高的初始刚度,能减小结构在小震作用下的侧移,同时使其在大震作用下具备良好的延性和优越的耗能能力,避免结构倒塌造成严重灾难。此外,相对于钢筋混凝土剪力墙,钢板-混凝土组合剪力墙充分利用钢材这种绿色环保建材,有效减少了混凝土材料用量,节约了资源,保护了环境,并便于实现工厂化生产和装配式施工,顺应了我国“十二五”规划中提出的推广绿色建筑、绿色施工进而转变建筑业发展方式的需求。

近十年来,本书作者致力于钢板-混凝土组合剪力墙的研究,他们通过理论分析、数值模拟与试验研究相结合的方法,对钢板-混凝土组合剪力墙和钢板剪力墙的受力机理进行了系统研究,提出了钢板剪力墙和钢板-混凝土组合剪力墙的抗剪承载力计算方法和简化分析模型,实现了利用现有设计软件进行结构体系分析。在此基础上,作者还对钢管混凝土框架-钢板剪力墙结构体系和钢管混凝土框架-组合剪力墙结构体系的抗震性能进行了试验与理论对比分析,验证了简化分析模型,提出了设计建议,取得的成果具有较强的理论性和实用性。

本书为钢板剪力墙、钢板-混凝土组合剪力墙的设计提供了宝贵的参考资料,可供广大研究人员和设计人员参考,希望本书能对上述新型抗侧力构件的研究、推广和应用发挥积极作用。特为之序!



中国工程院院士, 哈尔滨工业大学教授

2013年4月20日

前 言

我国人多地少,土地资源短缺,随着城市人口的大量聚集和经济社会的飞速发展,高层和超高层建筑被大量建造和使用,而高层建筑中人员和财富集中,一旦设计不当,结构安全性将大大降低,若在地震作用下发生破坏,其灾害往往是毁灭性的。因此,高层建筑结构的抗震设计至关重要,在建筑结构中引入高效抗侧力耗能构件和采用抗震性能好的结构体系,能够提高结构的抗震性能,尽量避免或减小结构的破坏。

钢板剪力墙和钢板-混凝土组合剪力墙将钢板作为主要抗侧力构件,通过其抗剪抵抗水平荷载,具有相对较大的初始刚度,能够有效地减小结构在风荷载或水平地震动作用下的位移,具有良好的延性和优越的耗能能力,是具有广泛应用前景的新型抗侧力构件。近十年来,我国科技工作者和工程技术人员在钢板剪力墙和组合剪力墙的受力机理和设计方法等方面做了大量研究工作,并在实际工程中加以应用,积累了很多宝贵的经验。但目前国内尚没有系统介绍该种新型抗侧力构件的书籍。为使读者对钢板剪力墙和组合剪力墙的受力机理和设计方法增进了解,作者结合近年来的相关研究工作,编写了此书。

本书简要介绍了钢板剪力墙和组合剪力墙的特点、发展和应用,通过对两边连接组合剪力墙、四边连接钢板剪力墙和四边连接组合剪力墙构件进行深入的试验研究和理论分析,同时通过对钢管混凝土框架-组合剪力墙结构体系进行的静、动力性能分析,揭示了受力机理,提出了可用于结构体系分析的简化分析模型。本书内容可为土木工程专业的高年级本科生、研究生、教师、科研和工程技术人员提供参考。

作者在从事土木工程方面的科学研究过程中,始终得到哈尔滨工业大学金属与组合结构研究中心张素梅教授的关心与指导,在此深表敬意。感谢国家住房和城乡建设部科技与产业化发展中心杨榕主任,哈尔滨工业大学土木工程学院范峰教授、王玉银教授和杨华教授在本书撰写过程中给予的支持、鼓励和帮助。特别感谢德高望重的中国工程院院士、哈尔滨工业大学沈世钊教授对本书初稿提出的宝贵意见和建议。在开展上述研究过程中,哈尔滨工业大学金属与组合结构研究中心多位研究生做了大量的铺垫性研究工作,戎芹、高磊参加了第2章的部分研究工作,李然参加了第3章和第4章的研究工作,金双双参加了第5章的部分研究工作,感谢他们的辛勤付出。本书的研究工作还得到了国家“十一五”科技支撑计划(项目编号:2006BAJ01B02)、国家自然科学基金(项目编号:50478029, 50808053)、中

国博士后基金、黑龙江省自然科学基金重点项目 (项目编号: ZJG0701) 的资助。在此, 作者谨向对本书研究工作提供无私帮助的各位教授、研究生, 以及科技部、国家自然科学基金委、黑龙江省自然科学基金委员会表示最诚挚谢意!

由于水平有限, 不妥之处在所难免, 欢迎批评指正。

作 者

2012 年 12 月

常用符号和单位约定

常用符号:

A_b	框架梁截面面积
A_c	框架柱截面面积
b_f	加劲肋的宽度
D	钢管的外直径
E_c	混凝土弹性模量
E_s	钢材弹性模量
f_c	混凝土抗压强度标准值
f_y	钢材屈服强度
f_v	钢材剪切屈服强度
G_s	钢材剪切模量
G_{eq}	割线剪切模量
H	钢板剪力墙高度
h_f	加劲肋高度
k	弹性屈曲系数
K_0	剪力墙弹性初始刚度, kN/m
K_1	剪力墙弹塑性段刚度, kN/m
L	钢板剪力墙宽度
M_u	混凝土板抗弯承载力
R	结构影响系数
R_μ	结构延性折减系数
t	钢板剪力墙的厚度
t_{cr}	混凝土板临界厚度
t_f	加劲肋厚度
t_w	钢管壁厚
V	水平剪力
V_y	剪力墙屈服荷载
V_u	剪力墙极限承载力
α	等效拉杆倾角
β	剪力墙跨高比

θ	剪力墙层间位移角
λ	钢板剪力墙高厚比
μ_s	结构位移延性系数
τ	钢板的平均剪应力
Δ	剪力墙层间位移
Δ_y	剪力墙屈服时对应位移
Δ_u	剪力墙达到极限承载力时对应位移

单位约定:

长度或位移: 毫米 (mm)

强度或应力: 兆帕 (MPa)

力或荷载: 千牛 (kN)

弯矩: 千牛·米 (kN·m)

目 录

序

前言

常用符号和单位约定

第 1 章 绪论	1
1.1 剪力墙的分类	1
1.1.1 钢筋混凝土剪力墙	1
1.1.2 钢板剪力墙	2
1.1.3 组合剪力墙	4
1.2 国内外研究现状	7
1.2.1 钢板剪力墙的研究现状	7
1.2.2 组合剪力墙的研究现状	8
1.2.3 结构体系的研究现状	9
1.3 钢板剪力墙与组合剪力墙的应用	10
1.4 本书主要内容	12
第 2 章 两边连接钢板-混凝土组合剪力墙	14
2.1 引言	14
2.2 组合剪力墙的弹性屈曲分析	14
2.2.1 组合剪力墙组合截面刚度	15
2.2.2 组合剪力墙叠合面刚度	19
2.2.3 组合剪力墙弹性屈曲	22
2.3 两边连接钢板剪力墙的试验研究	24
2.3.1 试件设计	24
2.3.2 试验现象及分析	26
2.4 两边连接组合剪力墙的试验研究	31
2.4.1 试件设计	31
2.4.2 试验现象及分析	33
2.4.3 试验结果的对比分析	41
2.5 两边连接组合剪力墙的有限元分析	47
2.5.1 有限元模型的建立	47
2.5.2 组合剪力墙有限元分析	50

2.6	两边连接组合剪力墙的恢复力模型	59
2.6.1	两边连接组合剪力墙的刚度	59
2.6.2	两边连接组合剪力墙的承载力	64
2.6.3	组合剪力墙的滞回曲线加卸载规则	66
2.7	两边连接组合剪力墙的简化模型	68
2.7.1	交叉支撑简化分析模型	68
2.7.2	支撑截面面积与强度	69
2.7.3	简化模型计算结果与试验结果对比	71
第 3 章	四边连接钢板剪力墙	72
3.1	引言	72
3.2	四边连接钢板剪力墙的弹性屈曲分析	72
3.3	有限元模型的建立与验证	74
3.4	有限元计算结果和试验结果的对比	76
3.5	四边连接钢板剪力墙的受力机理	78
3.5.1	中等高厚比钢板剪力墙	78
3.5.2	薄钢板剪力墙	81
3.6	四边连接钢板剪力墙的参数分析	84
3.6.1	高厚比的影响	84
3.6.2	跨高比的影响	90
3.6.3	框架柱抗弯刚度的影响	94
3.7	四边连接钢板剪力墙的简化模型	100
3.7.1	等效拉杆的倾角	100
3.7.2	四边连接钢板剪力墙的承载力	105
3.7.3	等效拉杆模型的参数设定	108
3.7.4	改进型等效拉杆模型	110
第 4 章	四边连接钢板-混凝土组合剪力墙	125
4.1	引言	125
4.2	有限元模型的建立与验证	125
4.3	四边连接组合剪力墙的参数分析	129
4.3.1	板间缝隙的影响	129
4.3.2	混凝土板厚度的影响	129
4.3.3	高厚比的影响	130
4.3.4	跨高比的影响	137
4.4	组合剪力墙与钢板剪力墙的对比	139
4.5	两边连接组合剪力墙与四边连接组合剪力墙的对比	144
4.6	四边连接组合剪力墙的简化模型	147

4.7 剪力墙与周边框架的连接节点	154
4.7.1 钢板剪力墙与周边框架的连接节点	154
4.7.2 组合剪力墙与周边框架的连接节点	158
第 5 章 钢管混凝土框架-组合剪力墙结构体系	160
5.1 引言	160
5.2 钢管混凝土框架-四边连接剪力墙结构体系试验	163
5.2.1 试件设计	163
5.2.2 试验现象	170
5.2.3 试验结果的对比分析	180
5.3 钢管混凝土框架-两边连接剪力墙结构体系试验	184
5.3.1 试件设计	184
5.3.2 试验现象	186
5.3.3 试验结果对比分析	198
5.4 结构体系有限元模型的建立	203
5.4.1 单元及截面选取	204
5.4.2 材料本构关系	205
5.4.3 方钢管混凝土柱分析模型的验证	206
5.4.4 钢板剪力墙与组合剪力墙分析模型的验证	207
5.4.5 方钢管混凝土框架-剪力墙结构体分析模型的确立	209
5.5 结构静力弹塑性分析	215
5.5.1 结构的荷载-位移关系	215
5.5.2 结构的层间位移分布	218
5.5.3 框架与剪力墙之间的剪力分配	218
5.6 结构影响系数与位移放大系数的确定方法	220
5.6.1 地震动的选取	220
5.6.2 结构影响系数的定义	222
5.6.3 结构影响系数的确定方法	223
5.7 结构动力时程分析	224
5.7.1 不同地震等级下结构的抗震性能	224
5.7.2 结构影响系数与位移放大系数	227
5.8 不同剪力墙对结构体系的影响分析	228
5.8.1 结构体系静力弹塑性性能对比	228
5.8.2 结构体系动力弹塑性性能对比	229
5.8.3 结构中各构件的弹塑性发展状况对比	231
参考文献	233
索引	241

第1章 绪 论

1.1 剪力墙的分类

地震是危及人民生命财产安全的突发性自然灾害,常常带来毁灭性的灾难。我国是地震多发国家,历史上曾发生过多次强烈地震,每次地震都给社会经济发展、人民生命安全造成巨大的损失。目前我国的情况是人多地少、土地资源紧缺,人均耕地占有面积不足世界平均水平的 1/3,特别是随着现代城市人口的大量聚集和经济的飞速发展,高层和超高层建筑被大量地建造和使用。高层建筑由于其自身的受力和变形特点,结构的抗震和抗风能力成为设计中首要考虑的因素。高层建筑中人员和财富集中,一旦设计不当,结构安全性将明显降低,地震作用下若发生破坏,其灾害是毁灭性的,因此高层建筑结构的抗震设计至关重要。抗侧力结构体系的选择及结构耗能能力的大小决定结构的抗震性能,因此在建筑结构中引入高效抗侧力耗能构件和采用抗震性能好的结构体系,能提高结构体系的抗震性能,实现抗震设计的三水准设计原则,即“小震不坏、中震可修、大震不倒”^[1,2]。

框架-剪力墙结构体系是中高层建筑常用的结构体系之一,框架主要承担竖向荷载,剪力墙主要承担水平荷载。这种结构体系不仅具备了框架结构布置灵活、使用方便的优点,同时具有较高的抗侧刚度,能有效减小结构在水平风荷载或地震动作用下的侧移,因而广泛应用于高层建筑结构体系中。剪力墙根据应用材料的不同可分为钢筋混凝土剪力墙、钢板剪力墙和钢板-混凝土组合剪力墙。

1.1.1 钢筋混凝土剪力墙

钢筋混凝土剪力墙是应用最早且较为常用的剪力墙形式,在高层框架结构中被广泛采用,钢筋混凝土剪力墙以其整体性能好、抗侧刚度大、抵抗风荷载及中小级地震效果好和防火性能好等优点,受到广大设计人员的青睐^[3]。然而,钢筋混凝土剪力墙结构因其刚度大,在地震动作用下承受较大的水平力,致使其裂缝产生较早,震后不易修复。当钢框架或组合框架与钢筋混凝土剪力墙一起使用时,由于钢筋混凝土剪力墙在水平剪力作用下的延性和耗能能力相对较差,框剪结构体系的层间位移角取值较为严格,此时钢框架或组合框架的优越抗震性能不能得以充分发挥;同时钢筋混凝土剪力墙因其自重较大,导致地震荷载增加,结构造价和基础造价明显增加。此外,由于钢筋混凝土剪力墙的结构尺寸较大,占用宝贵的使用空间,降低了经济效益。对于采用钢筋混凝土剪力墙的框架剪力墙结构体系,钢筋混凝土剪力墙和钢

筋混凝土框架的连接较为方便,而与钢框架或组合框架连接相对复杂,通常做法是在钢管混凝土柱或钢柱上焊接栓钉,或将钢筋混凝土墙的水平分布钢筋直接与钢管混凝土柱焊接。图 1-1 给出了方钢管混凝土柱与钢筋混凝土剪力墙的连接节点示意

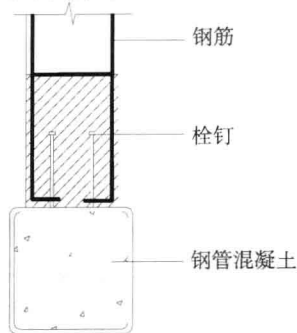


图 1-1 方钢管混凝土柱与剪力墙的连接节点

图。在罕遇地震、飓风等较强烈的自然灾害作用下,结构进入弹塑性状态或塑性状态,此时钢管混凝土柱和钢筋混凝土剪力墙之间的相互作用力很大,传统的连接方式很难保证两者协同工作,而两者间的连接一旦破坏,结构的抗侧刚度、延性和耗能能力将明显降低,整个结构甚至会发生倒塌破坏。此外,连接处混凝土剪力墙中的钢筋和钢管混凝土柱中的钢管需要在现场焊接,且工作量大,焊接质量不易保证,增加了施工难度和费用。

1.1.2 钢板剪力墙

钢材是一种延性好的材料,钢结构构件具有强度高、重量轻和施工速度快等优点,在高层建筑中得到大量的应用。钢板剪力墙是指把钢板作为主要抗侧力构件,通过其抗剪抵抗水平荷载,从而增加结构刚度、减小结构的水平位移。钢板剪力墙用于结构体系中具有良好的延性和相对优越的耗能能力,具有相对较大的初始刚度,能有效减小结构在风荷载或水平地震动作用下的侧移。与钢筋混凝土剪力墙相比,钢板剪力墙因自重轻而减轻了对框架柱及基础的负担,降低了基础造价,并能有效地降低结构在地震动作用下的响应。此外,实际工程中采用的钢板通常较薄,节约了使用空间,通过工厂预制、现场安装等工业化程序,大大提高了施工速度和精度,节省了施工费用^[4-6]。

按照钢板高厚比的不同,可将钢板剪力墙分为厚钢板剪力墙和薄钢板剪力墙。厚钢板剪力墙在水平剪力作用下钢板不会发生平面外失稳破坏,近似保持平面内受力状态,其滞回曲线较为饱满,耗能能力强;薄钢板剪力墙是指钢板较薄时,钢板剪力墙在承受水平荷载时沿一侧对角线方向受压,钢板易较早产生出平面失稳,沿另一对角线方向形成斜向拉力带,在往复荷载作用下荷载-位移关系滞回曲线出现捏缩,在一定程度上降低了构件的耗能能力。但当层间位移较大时,薄钢板在周边框架梁、柱的嵌固作用下拉带更为明显,表现出优越的屈曲后性能,使钢板仍具有较高的承载力和良好的延性^[7,8]。厚钢板剪力墙的用钢量较多,不经济,因此在实际工程中薄钢板剪力墙应用较多,利用其优越的屈曲后性能来抵抗水平剪力和耗能。加拿大和美国学者对薄钢板剪力墙的性能进行了系统研究,并把相应的设计方法列入规程中^[9-12]。

按照钢板表面是否设置加劲肋, 可将钢板剪力墙分为加劲钢板剪力墙和非加劲钢板剪力墙。随着钢板剪力墙厚度的增加, 钢板受力过程中的平面外变形明显减小, 但采用厚钢板剪力墙不经济, 因此在实际工程中可通过在钢板两侧设置加劲肋来限制钢板的平面外屈曲, 即形成加劲钢板剪力墙, 其受力机理类似于高厚比较大钢梁腹板上的加劲肋。现有的设计规范或规程中多采用条形钢板沿纵向和横向直接焊接于钢板剪力墙两侧形成加劲网格, 若加劲肋设置的足够多, 则能完全限制钢板的出平面失稳, 使钢板保持面内受剪, 此类钢板剪力墙称为全加劲钢板剪力墙 (图 1-2(a)); 若加劲肋设置较稀疏, 则能够防止钢板过早地产生平面外失稳, 但在变形较大的情况下钢板仍会出现平面外失稳, 此类剪力墙称为部分加劲钢板剪力墙 (图 1-2(b) 和 (c))。加劲钢板剪力墙焊接加劲肋的费用会使钢板剪力墙的造价显著提高。

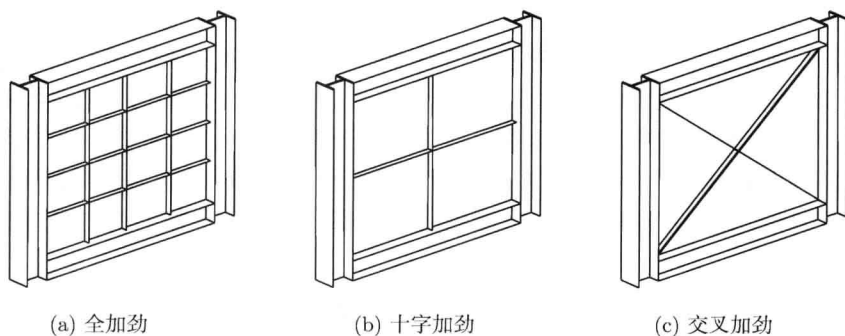


图 1-2 不同种类的加劲钢板剪力墙

钢板剪力墙根据与周边框架的连接方式不同, 可分为四边连接钢板剪力墙和两边连接钢板剪力墙 (图 1-3)^[14]。四边连接钢板剪力墙是指与周边框架梁、柱均相连的钢板剪力墙, 钢板靠周边框架的锚固作用, 主要依靠沿斜对角线方向形成的拉力

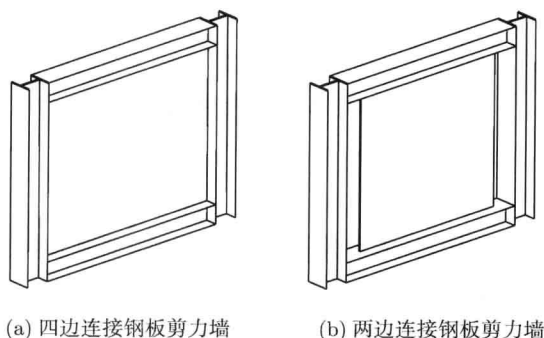


图 1-3 四边连接和两边连接钢板剪力墙

带来抵抗水平荷载, 该种剪力墙对框架柱的要求较高^[15]。两边连接钢板剪力墙是指仅与框架梁相连的钢板剪力墙, 该种剪力墙由于失去框架柱的锚固作用, 因此承载力要低于四边连接钢板剪力墙, 但随着钢板剪力墙跨高比的增加, 两边连接钢板剪力墙的承载力和四边连接钢板剪力墙的承载力差值逐渐减小。尽管两边连接钢板剪力墙的承载力相对较低, 但其可以在一跨中分段布置, 解决了四边连接钢板剪力墙不利于门窗、过道布置的缺点; 同时两边连接钢板剪力墙可根据结构抗侧刚度的需求, 在结构体系中设置不同跨高比的钢板剪力墙。^[16]

此外, 为改善薄钢板剪力墙产生较大的面外变形, 可通过在钢板上开设竖缝, 改变其屈曲状况和受力机理。根据是否会在钢板上开缝, 钢板剪力墙分为开缝钢板剪力墙 (图 1-4) 和不开缝钢板剪力墙。开缝钢板剪力墙具有良好的延性和耗能能力, 在水平风荷载或地震动作用下, 适当开缝的钢板剪力墙由原来的钢板整体受剪变为由竖缝分割的“钢板柱”受弯, 将原来的钢板整体剪切屈曲改变为与“钢板柱”弯曲屈曲相结合, 减小了钢板整体发生面外变形的程度; 通过对钢板上的竖缝尺寸加以调整, 使开缝钢板剪力墙在水平力作用下的刚度、承载力、延性和滞回性能可调。^[17-24]理论和试验研究表明, 尽管适当开缝的钢板剪力墙具有良好的延性和饱满的滞回曲线, 但由于其过多降低了钢板的承载力, 耗能能力也明显降低, 且开缝方式复杂, 因此在实际工程中应用较少。本书研究不设置加劲肋的四边连接钢板剪力墙。

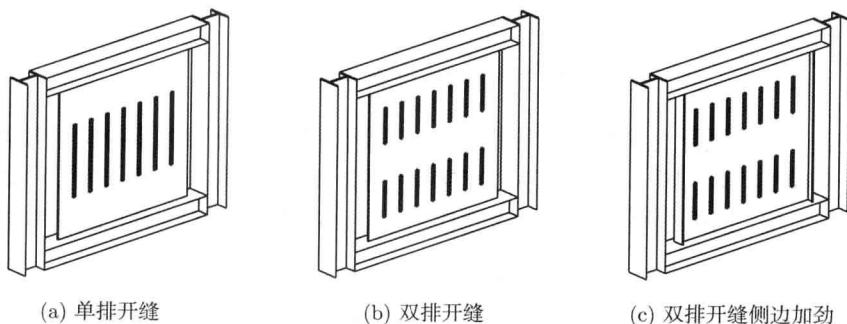


图 1-4 不同形式的开缝钢板剪力墙

1.1.3 组合剪力墙

钢板-混凝土组合剪力墙 (本书简称组合剪力墙) 是在内藏钢板支撑的混凝土剪力墙和钢板剪力墙的基础上发展演变而来的。组合剪力墙由钢板、混凝土板和两者之间的连接件组成。混凝土板通过连接件设置于钢板的一侧或两侧。混凝土板可采用预制板, 也可以采用现浇板。混凝土板为预制板时, 常通过螺栓连接混凝土板和钢板; 混凝土板为现浇板时, 可通过在钢板上焊接抗剪栓钉来连接混凝土板和钢

板。混凝土板的主要目的是防止钢板的平面外失稳、使钢板保持平面内受力,充分发挥钢板的承载力、延性和耗能能力^[25,26]。图 1-5 给出了几种不同类型的组合剪力墙。

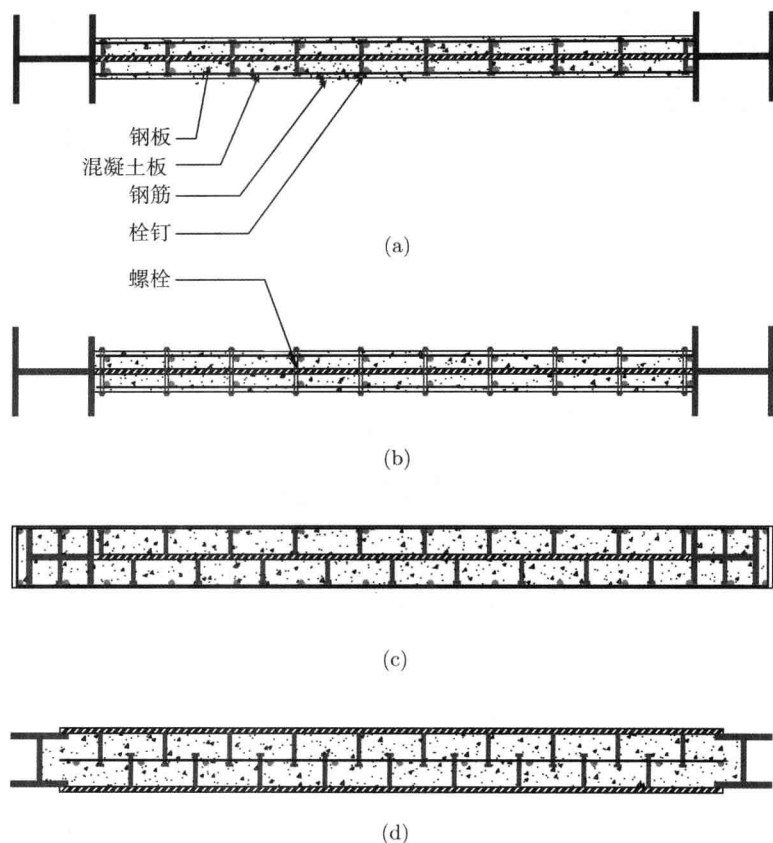


图 1-5 不同种类的钢板-混凝土组合剪力墙

相对于钢筋混凝土剪力墙,组合剪力墙具有刚度大、承载力高和耗能能力强等优点,在较大层间位移下组合剪力墙仍然具有良好的延性和耗能能力,并能和具有良好耗能能力和延性的钢柱或组合柱相匹配;组合剪力墙的厚度明显小于钢筋混凝土剪力墙,能够有效减轻结构自重,减小基础负担,增加建筑使用面积,提高经济效益,且在震后容易修复^[25]。

相对于钢板剪力墙,组合剪力墙具有更为优越的耗能能力,能够有效限制钢板的平面外失稳;同时混凝土板可以作为钢板的隔热保护层,使钢板不再需要额外的防火保护措施,提高了钢板剪力墙的保温、隔音性能。根据钢板与周边框架的连接方式不同,组合剪力墙可分为两边连接钢板-混凝土组合剪力墙(以下简称两边连接组合剪力墙)和四边连接钢板-混凝土组合剪力墙(以下简称四边连接组合剪力