

前 言

根据住房和城乡建设部《关于印发 2014 年工程建设标准规范制订修订计划的通知》（建标〔2013〕169 号）的要求，规程编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考有关国际标准和国外先进标准，并在广泛征求意见的基础上，编制了本规程。

本规程的主要技术内容是：1. 总则；2. 术语和符号；3. 基本规定；4. 非加劲钢板剪力墙；5. 加劲钢板剪力墙；6. 防屈曲钢板剪力墙；7. 钢板组合剪力墙；8. 开缝钢板剪力墙；9. 节点设计与连接构造；10. 防火与防腐；11. 制作与安装；12. 质量验收。

本规程由住房和城乡建设部负责管理，由哈尔滨工业大学负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议，请寄送哈尔滨工业大学土木工程学院（地址：哈尔滨市南岗区黄河路 73 号哈工大 2619 信箱，邮政编码：150090）。

本 规 程 主 编 单 位：哈尔滨工业大学

中建四局第六建筑工程有限公司

本 规 程 参 编 单 位：清华大学

中建安装工程有限公司

中冶建筑研究总院有限公司

中国建筑设计研究院

华东建筑设计研究院有限公司

中冶京诚工程技术有限公司

中建钢构有限公司

浙江东南网架股份有限公司

浙江精工钢结构集团有限公司

住房和城乡建设部科技发展促进中心

中国建筑股份有限公司技术中心
宝钢建筑系统集成有限公司
北京赛博思建筑设计有限公司

本规程主要起草人员：范 峰 曹正罡 郭兰慧 程 群
郭彦林 樊健生 徐义明 文双玲
王 载 姜文伟 吕黄兵 蒋 路
马欣伯 张清文 朱焰煌 谭晋鹏
程志敏 娄 峰 金晓飞 苏 磊
本规程主要审查人员：肖绪文 聂建国 罗永峰 李正良
顾 强 完海鹰 舒兴平 李 霆
丁大益 朱勇军

目 次

1	总则	1
2	术语和符号	2
2.1	术语	2
2.2	符号	3
3	基本规定	8
3.1	一般规定	8
3.2	材料	10
3.3	设计指标	11
3.4	变形限值	16
4	非加劲钢板剪力墙	17
4.1	一般规定	17
4.2	四边连接钢板剪力墙	17
4.3	两边连接钢板剪力墙	19
4.4	构造要求	20
5	加劲钢板剪力墙	22
5.1	一般规定	22
5.2	焊接加劲钢板剪力墙	25
5.3	栓接加劲钢板剪力墙	27
5.4	构造要求	28
6	防屈曲钢板剪力墙	30
6.1	一般规定	30
6.2	承载力计算	30
6.3	构造要求	31
7	钢板组合剪力墙	34
7.1	一般规定	34
7.2	承载力计算	36

7.3 构造要求	39
8 开缝钢板剪力墙	41
8.1 一般规定	41
8.2 承载力与刚度计算	41
8.3 构造要求	43
9 节点设计与连接构造	46
9.1 一般规定	46
9.2 钢板剪力墙与边缘构件螺栓连接	46
9.3 钢板剪力墙与边缘构件焊接连接	47
9.4 构造要求	48
10 防火与防腐	50
10.1 防火	50
10.2 防腐	50
11 制作与安装	52
11.1 一般规定	52
11.2 制作	52
11.3 安装	53
12 质量验收	55
12.1 一般规定	55
12.2 主控项目	55
12.3 一般项目	56
附录 A 非加劲钢板剪力墙简化分析模型	59
附录 B 钢板剪力墙边缘柱的变轴力等效系数 η_e	63
附录 C 设置加劲钢板剪力墙的弹性剪切屈曲临界应力	65
附录 D 防屈曲钢板剪力墙简化分析模型	69
附录 E 验收表格	72
本规程用词说明	75
引用标准名录	76

Contents

1	General Provisions	1
2	Terms and Symbols	2
2.1	Terms	2
2.2	Symbols	3
3	Basic Requirements	8
3.1	General Requirements	8
3.2	Materials	10
3.3	Design Strength	11
3.4	Limits of Deformation	16
4	Unstiffened Steel Plate Shear Walls	17
4.1	General Requirements	17
4.2	Four-side Connected Steel Plate Shear Walls	17
4.3	Two-side Connected Steel Plate Shear Walls	19
4.4	Detailings	20
5	Stiffened Steel Plate Shear Walls	22
5.1	General Requirements	22
5.2	Welded Stiffened Steel Plate Shear Walls	25
5.3	Bolted Stiffened Steel Plate Shear Walls	27
5.4	Detailings	28
6	Buckling-restrained Steel Plate Shear Walls	30
6.1	General Requirements	30
6.2	Calculation on Resistance	30
6.3	Detailings	31
7	Composite Steel Plate and Concrete Shear Walls	34
7.1	General Requirements	34

7.2	Calculation on Resistance	36
7.3	Detailings	39
8	Steel Plate Shear Walls with Slits	41
8.1	General Requirements	41
8.2	Calculation on Resistance and Stiffness	41
8.3	Detailings	43
9	Design and Details of Joints and Connections	46
9.1	General Requirements	46
9.2	Steel Plate Shear Walls Bolted with Peripheral Component	46
9.3	Steel Plate Shear Walls Welded with Peripheral Component	47
9.4	Detailings	48
10	Fire Safety and Corrosion Prevention	50
10.1	Fire Safety	50
10.2	Corrosion Prevention	50
11	Fabrication and Erection	52
11.1	General Requirements	52
11.2	Fabrication	52
11.3	Erection	53
12	Acceptance for Quality	55
12.1	General Requirements	55
12.2	Dominant Items	55
12.3	General Items	56
Appendix A	Simplified Model of Analysis for Unstiffened Steel Plate Shear Walls	59
Appendix B	Equivalent Coefficient of Variable Axial Force of Edged Columns on Steel Plate Shear Walls	63
Appendix C	Elastic Buckling Shear Stresses for Stiffened Steel Plate Shear Walls	65
Appendix D	Simplified Model of Analysis for Buckling-restrained Steel Plate Shear Walls	69

Apendix E Approval Form	72
Explanation of Wording in This Specification	75
List of Quoted Standards	76

1 总 则

1.0.1 为在钢板剪力墙的设计、制作安装及验收过程中做到技术先进、经济合理、安全适用、确保质量，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于非加劲钢板剪力墙、加劲钢板剪力墙、防屈曲钢板剪力墙、钢板组合剪力墙、开缝钢板剪力墙的设计、制作安装及验收。

1.0.3 钢板剪力墙的设计、制作安装及验收，除应符合本规程外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.1 钢板剪力墙 steel plate shear walls

承受水平剪力为主的钢板墙体。

2.1.2 非加劲钢板剪力墙 unstiffened steel plate shear walls

仅由内嵌钢板构成的钢板剪力墙。

2.1.3 加劲钢板剪力墙 stiffened steel plate shear walls

在内嵌钢板上加设钢加劲肋以增加平面外刚度的钢板剪力墙。

2.1.4 防屈曲钢板剪力墙 buckling-restrained steel plate shear walls

在内嵌钢板面外设置刚性约束构件以抑制平面外屈曲，使内嵌钢板达到充分耗能的钢板剪力墙。

2.1.5 钢板组合剪力墙 composite steel plate and concrete shear walls

由两侧外包钢板和中间内填混凝土组合而成并共同工作的钢板剪力墙。

2.1.6 开缝钢板剪力墙 steel plate shear walls with slits

在内嵌钢板上开设具有一定间距缝隙的钢板剪力墙。

2.1.7 四边连接 four-side connections

钢板剪力墙四边与周边框架连接。

2.1.8 两边连接 two-side connections

钢板剪力墙上下两边仅与框架梁连接。

2.1.9 鱼尾板 fish plates

用于钢板墙与框架之间连接使用的连接钢板。

2.2 符 号

2.2.1 计算指标

E ——钢材的弹性模量；

E_c ——混凝土的弹性模量；

f ——钢材的抗拉、抗压和抗弯强度设计值；

f_c ——混凝土的轴心抗压强度设计值；

f_{st} ——栓钉的抗拉屈服强度；

f_v ——钢材的抗剪强度设计值；

f_{vy} ——钢材的抗剪屈服强度；

f_u ——钢板剪力墙所用钢材的极限抗拉强度最小值；

f_y ——钢材的屈服强度；

G ——钢材的剪变模量；

M ——剪力墙的弯矩设计值；

$M_{u,N}$ ——钢板组合剪力墙在轴压力作用下的受弯承载力设计值；

N ——剪力墙的轴压力设计值；

N_t ——单个高强度螺栓拉力设计值；

N_v ——单个高强度螺栓剪力设计值；

P ——边缘柱轴力设计值；

P_1 ——边缘柱端组合的最不利轴力设计值；

q ——拉力带拉力设计值沿边缘柱单位高度方向产生的竖向分量；

T_{st} ——单个栓钉或对拉螺栓的拉力设计值；

T_{ust} ——单个栓钉的受拉承载力设计值；

V ——钢板剪力墙的剪力设计值；

V_d ——开缝钢板剪力墙的弹性承载力设计值；

V_u ——钢板剪力墙的受剪承载力设计值；

V_v ——板上倾覆力矩 M_1 引起的螺栓竖向剪力，各螺栓分担的剪力按线性分布；

ϵ_{ul} —— 杆受拉达到极限抗拉强度时对应应变；
 ϵ_{u2} —— 杆受压达到极限抗压强度时对应应变；
 ϵ_{y1} —— 杆受拉时的屈服应变；
 ϵ_{y2} —— 杆受压时的屈服应变；
 ν —— 钢材的泊松比；
 σ_{ul} —— 杆受拉时的极限抗拉强度；
 σ_{u2} —— 杆受压时的极限抗压强度；
 σ_y —— 防屈曲钢板剪力墙简化模型中杆屈服强度；
 σ_{y1} —— 非加劲钢板剪力墙简化模型中杆受拉时屈服强度；
 σ_{y2} —— 非加劲钢板剪力墙简化模型中杆受压时屈服强度；
 $[\theta_p]$ —— 弹塑性层间位移角限值；
 τ —— 外荷载作用下钢板剪力墙产生的剪应力设计值；
 τ_{cr} —— 焊接加劲钢板剪力墙弹性剪切屈曲临界应力；
 τ_{crb} —— 栓接加劲钢板剪力墙钢板弹性剪切屈曲临界应力；
 τ_{cr0} —— 未加劲钢板剪力墙的剪切屈曲临界应力；
 τ_{crp} —— 钢板剪力墙小区格的剪切屈曲临界应力；
 τ_u —— 钢板剪力墙极限抗剪强度设计值。

2.2.2 几何参数

A_0 —— 单个高强度螺栓承担拉力带的截面面积；
 A_1 —— 单向杆的截面面积；
 A_2 —— 开缝钢板剪力墙简化模型中竖杆截面面积；
 A_3 —— 开缝钢板剪力墙简化模型中斜杆截面面积；
 A_c —— 剪力墙截面的混凝土面积；
 A_{cc} —— 受压混凝土面积；
 A_s —— 剪力墙截面的钢板总面积；
 A_{sf} —— 垂直于剪力墙受力平面的受压钢板面积；
 A_{sft} —— 垂直于剪力墙受力平面的受拉钢板面积；
 A_{st} —— 栓钉钉杆截面面积；
 A_{sw} —— 平行于剪力墙受力平面的钢板面积；
 A_{swc} —— 平行于剪力墙受力平面的受压钢板面积；

A_{swt} —— 平行于剪力墙受力平面的受拉钢板面积；
 b —— 开缝钢板剪力墙缝间小柱宽度；
 b_f —— 加劲肋的宽度；
 D —— 单位宽度钢板剪力墙的弯曲刚度；
 d_{cc} —— 受压混凝土的合力作用点到剪力墙截面形心的距离；
 d_{sfc} —— 垂直于剪力墙受力平面的受压钢板合力作用点到剪力墙截面形心的距离；
 d_{sft} —— 垂直于剪力墙受力平面的受拉钢板合力作用点到剪力墙截面形心的距离；
 d_{swc} —— 平行于剪力墙受力平面的受压钢板合力作用点到剪力墙截面形心的距离；
 d_{swt} —— 平行于剪力墙受力平面的受拉钢板合力作用点到剪力墙截面形心的距离；
 EA —— 钢板组合剪力墙的截面轴压刚度；
 $E_c A_c$ —— 钢板组合剪力墙混凝土部分的截面轴压刚度；
 $E_s A_s$ —— 钢板组合剪力墙钢板部分的截面轴压刚度；
 EI —— 钢板组合剪力墙的截面弯曲刚度；
 EI_s —— 加劲肋弯曲刚度；
 $E_c I_c$ —— 钢板组合剪力墙混凝土部分的截面弯曲刚度；
 $E_s I_s$ —— 钢板组合剪力墙钢板部分的截面弯曲刚度；
 GA —— 钢板组合剪力墙的截面剪切刚度；
 $G_c A_c$ —— 钢板组合剪力墙混凝土部分的截面剪切刚度；
 $G_s A_s$ —— 钢板组合剪力墙钢板部分的截面剪切刚度；
 H —— 钢板剪力墙的高度；
 H_c —— 柱高；
 H_e —— 钢板剪力墙的净高度；
 h_1 —— 钢板剪力墙区格高度；
 I_b —— 边缘梁截面惯性矩；
 I_{bmin} —— 钢板剪力墙边缘梁截面最小惯性矩；
 I_c —— 边缘柱截面惯性矩；

I_{crmin} —— 钢板剪力墙边缘柱截面最小惯性矩；
 I_{sx} —— 水平方向加劲肋的截面惯性矩；
 I_{sy} —— 竖直方向加劲肋的截面惯性矩；
 K —— 钢板剪力墙的水平刚度；
 K_0 —— 钢板剪力墙初始剪切刚度；
 L —— 钢板剪力墙的宽度；
 L_b —— 梁跨；
 L_e —— 钢板剪力墙的净跨度；
 l —— 等效支撑的长度；
 l_1 —— 钢板剪力墙区格宽度；
 $l_{1\text{max}}$ —— 钢板剪力墙区格宽度 l_1 与区格高度 h_1 的较大值；
 l_{max} —— 钢板剪力墙长边长度；
 l_{min} —— 钢板剪力墙短边长度；
 t_c —— 单侧混凝土盖板厚度；
 t_f —— 加劲肋的厚度；
 t_{sw} —— 剪力墙墙体单片钢板的厚度；
 t_w —— 钢板剪力墙的厚度；
 t_{wc} —— 钢板剪力墙墙体的厚度；
 W_{ew} —— 缝间小柱的弹性截面弯曲模量；
 W_{pc} —— 柱在剪力墙平面方向的塑性截面弯曲模量；
 W_{pw} —— 缝间小柱的塑性截面弯曲模量；
 λ —— 钢板剪力墙的相对高厚比；
 λ_n —— 焊接加劲钢板剪力墙的正则化高厚比；
 λ_{n0} —— 非加劲钢板剪力墙的正则化高厚比；
 λ_s —— 加劲肋宽厚比；
 λ_{nb} —— 栓接加劲钢板剪力墙的正则化高厚比。

2.2.3 计算系数及其他

C_0 —— 边缘柱刚度相关的折减系数；
 C_1 —— 加劲肋折减系数；
 K_1 —— 柱上端横梁线刚度之和与柱线刚度之比；

K_2 ——柱下端横梁线刚度之和与柱线刚度之比；
 k_r ——四边固接板的弹性抗剪屈曲系数；
 k_s ——四边简支板的弹性抗剪屈曲系数；
 k_{sb} ——考虑肋板刚度比影响的弹性抗剪屈曲系数；
 n ——轴压比；
 n_1 ——墙板上端或下端高强度螺栓个数；
 n_2 ——单向倾斜杆数量；
 n_b ——区格间加劲肋段上的螺栓数目；
 n_h ——墙板上侧或下侧与鱼尾板连接时设置的螺栓个数；
 n_v ——墙板左侧或右侧与鱼尾板连接时设置的螺栓个数；
 α_1 、 α_2 ——分别为十字加劲与交叉加劲情况下考虑屈曲后强度的极限承载力系数；
 α_{st} ——连接件拉力系数；
 β ——杆拉压强度比；
 ϵ_k ——钢号修正系数；
 γ ——钢板剪力墙的刚度折减系数；
 ρ ——考虑剪应力影响的钢板强度折减系数；
 η ——肋板弯曲刚度比；
 η_c ——混凝土盖板的面外约束刚度比；
 η_e ——钢板剪力墙边缘柱的变轴力等效系数；
 η_x 、 η_y ——分别为水平、竖直方向加劲肋的刚度参数；
 κ ——剪切力分配系数；
 φ_s ——焊接加劲钢板剪力墙抗剪稳定系数；
 φ_{sb} ——栓接加劲钢板剪力墙抗剪稳定系数；
 ψ ——加劲肋刚度比；
 ψ_b ——与螺栓数目相关的折减系数；
 ψ_{st} ——考虑栓钉间距影响的调整系数；
 ψ_{ym} ——钢材超强系数。

3 基本规定

3.1 一般规定

3.1.1 应根据使用条件、建筑功能以及技术经济性能要求确定钢板剪力墙类型，可选用的类型包括非加劲钢板剪力墙（图 3.1.1a、b）、加劲钢板剪力墙（图 3.1.1c）、防屈曲钢板剪力墙（图 3.1.1d）、钢板组合剪力墙（图 3.1.1e）及开缝钢板剪力墙（图 3.1.1f）等。

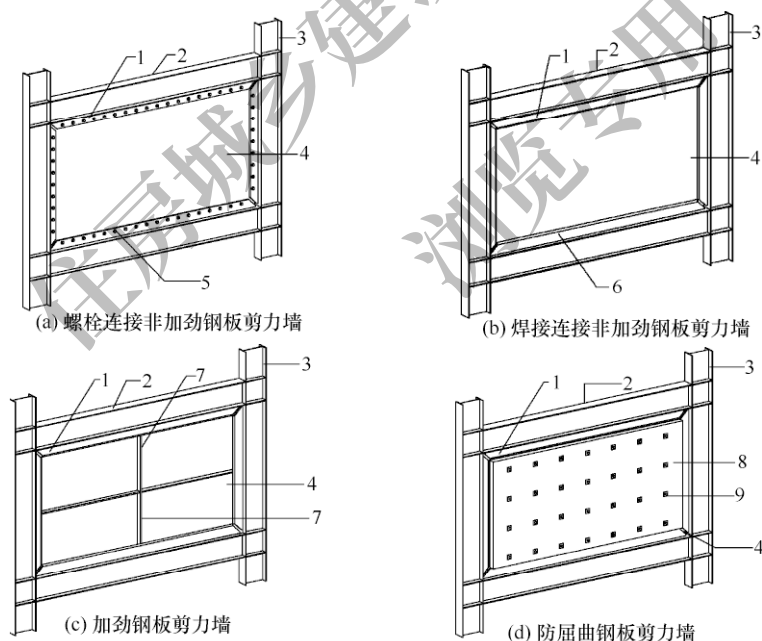


图 3.1.1 钢板剪力墙的类型示意（一）

1—鱼尾板；2—边框梁；3—边框柱；4—内嵌钢板；5—螺栓连接；
6—焊接连接；7—加劲肋；8—预制混凝土盖板；9—垫片

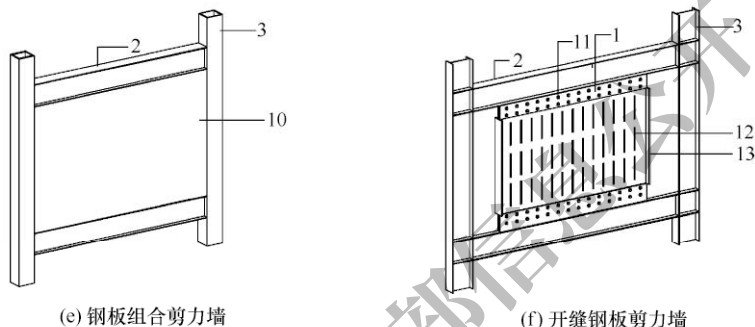


图 3.1.1 钢板剪力墙的类型示意 (二)

10—内填混凝土双侧外包钢板 (内侧设置加劲肋和栓钉);
11—高强度螺栓 (摩擦型连接); 12—竖向切割缝
(激光或等离子切割); 13—边缘加劲肋

3.1.2 钢板剪力墙平面布置宜规则、对称; 竖向宜连续布置, 承载力与刚度宜自下而上逐渐减小。同一楼层内同方向抗侧力构件宜采用同类型钢板剪力墙。

3.1.3 钢板剪力墙宜按不承受竖向荷载设计计算, 并应采用相应的构造和施工措施来实现计算假定。当钢板剪力墙承受竖向荷载时, 应考虑竖向荷载对受剪承载力的影响。

3.1.4 在罕遇地震作用下, 周边框架梁柱不应先于钢板剪力墙破坏。

3.1.5 钢板剪力墙的设计应符合下列规定:

1 钢板剪力墙的节点, 不应先于钢板剪力墙和框架梁柱破坏;

2 与钢板剪力墙相连周边框架梁柱腹板厚度不应小于钢板剪力墙厚度;

3 钢板剪力墙上开设洞口时应按等效原则予以补强。

3.1.6 钢板剪力墙应根据主体结构类型与使用条件, 采用合理

的防腐与防火措施。钢板剪力墙防火应符合现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017 的规定。

3.2 材 料

3.2.1 钢板剪力墙钢材牌号宜采用 Q235 钢和 Q345 钢，钢材质量应分别符合现行国家标准《碳素结构钢》GB/T 700 与《低合金高强度结构钢》GB/T 1591 的规定。对考虑屈曲后强度的钢板剪力墙宜采用 Q235GJ 钢和 Q345GJ 钢，钢材质量应符合现行国家标准《建筑结构用钢板》GB/T 19879 的规定。当有可靠依据时，可选用低屈服强度钢。

3.2.2 钢板剪力墙钢材质量等级宜选用 B 级及以上级别。焊接结构不应选用 A 级钢。当选用 Q235 钢材时，钢材材质应为镇静钢。

3.2.3 钢板剪力墙钢材性能应具有屈服强度、断后伸长率、抗拉强度、冷弯试验和硫、磷含量的合格保证，对焊接结构尚应具有碳当量的合格保证。

3.2.4 钢材的屈服强度实测值与抗拉强度实测值的比值不应大于 0.85；钢材应有明显的屈服台阶，且伸长率不应小于 20%。

3.2.5 钢板剪力墙钢板厚度不小于 40mm 时，宜选用建筑结构用 GJ 钢。

3.2.6 钢板剪力墙与框架梁柱相连接的鱼尾板的质量和性能要求不应低于钢板剪力墙。

3.2.7 钢板剪力墙中所用焊接材料应符合下列规定：

1 手工焊接焊条，应符合现行国家标准《非合金钢及细晶粒钢焊条》GB/T 5117 或《低合金钢焊条》GB/T 5118 的规定，焊条型号应与主体金属力学性能相适应；

2 自动焊或半自动焊用焊丝应符合现行国家标准《熔化焊用钢丝》GB/T 14957、《气体保护电弧焊用碳钢、低合金钢焊丝》GB/T 8110，以及《碳钢药芯焊丝》GB/T 10045、《低合金

钢药芯焊丝》GB/T 17493 的规定；

3 埋弧焊用焊丝和焊剂应符合现行国家标准《埋弧焊用碳素钢焊丝和焊剂》GB/T 5293、《埋弧焊用低合金钢焊丝和焊剂》GB/T 12470 的规定。

3.2.8 钢板剪力墙紧固件材料应符合下列规定：

1 钢板剪力墙连接用 4.6 级与 4.8 级普通螺栓（C 级螺栓）及 5.6 级与 8.8 级普通螺栓（A 级或 B 级螺栓）的质量应符合现行国家标准《紧固件机械性能 螺栓、螺钉和螺柱》GB/T 3098.1 和《紧固件公差 螺栓、螺钉、螺柱和螺母》GB/T 3103.1 的规定。C 级螺栓与 A 级、B 级螺栓的规格和尺寸应分别符合现行国家标准《六角头螺栓 C 级》GB/T 5780 与《六角头螺栓》GB/T 5782 的规定。

2 圆柱头焊（栓）钉连接件的质量应符合现行国家标准《电弧螺柱焊用圆柱头焊钉》GB/T 10433 的规定。

3 大六角高强度螺栓的质量应符合现行国家标准《钢结构用高强度大六角头螺栓》GB/T 1228、《钢结构用高强度大六角螺母》GB/T 1229、《钢结构用高强度垫圈》GB/T 1230、《钢结构用高强度大六角头螺栓、大六角螺母、垫圈技术条件》GB/T 1231 的规定。扭剪型高强度螺栓的质量应符合现行国家标准《钢结构用扭剪型高强度螺栓连接副》GB/T 3632 的规定。

3.2.9 钢板组合剪力墙的混凝土强度等级不应低于 C25。

3.2.10 钢板组合剪力墙的钢筋宜采用 HRB400、HRBF400、HRB500、HRBF500、HPB300、HRB335、HRBF335、RRB400 钢筋。

3.3 设计指标

3.3.1 钢板剪力墙中所用钢材的设计用强度指标，应根据钢材牌号、厚度按表 3.3.1 选用。

表 3.3.1 钢材的设计用强度指标 (N/mm^2)

钢材牌号		钢材厚度 或直径 (mm)	强度设计值			钢材强度	
			抗拉、抗压、抗弯 f	抗剪 f_v	端面承压 (刨平顶紧) f_{ce}	屈服强度 f_y	抗拉强度 最小值 f_u
碳素结构钢	Q235	≤ 16	215	125	320	235	370
		$> 16, \leq 40$	205	120		225	
		$> 40, \leq 100$	200	115		215	
低合金 高强度 结构钢	Q345	≤ 16	300	175	400	345	470
		$> 16, \leq 40$	295	170		335	
		$> 40, \leq 63$	290	165		325	
		$> 63, \leq 80$	280	160		315	
		$> 80, \leq 100$	270	155		305	
	Q390	≤ 16	345	200	415	390	490
		$> 16, \leq 40$	330	190		370	
		$> 40, \leq 63$	310	180		350	
		$> 63, \leq 100$	295	170		330	

注：1. 直径指实芯棒材，厚度系指计算点的钢材或钢管壁厚，对轴心受拉和轴心受压构件系指截面中较厚板件的厚度。

2. 冷弯型材和冷弯钢管强度设计值应按现行国家标准《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018 执行。

3.3.2 建筑结构用钢板的设计用强度指标，可根据钢材牌号和厚度按表 3.3.2 采用。

表 3.3.2 建筑结构用钢板的设计用强度指标 (N/mm^2)

建筑结构用钢板	钢材厚度 或直径 (mm)	强度设计值			钢材强度	
		抗拉、抗压、 抗弯 f	抗剪 f_v	端面承压 (刨平顶紧) f_{ce}	屈服强度 f_y	抗拉强度 最小值 f_u
Q345GJ	$> 16, \leq 35$	310	180	415	345	490
	$> 35, \leq 50$	290	170		335	
	$> 50, \leq 100$	285	165		325	

3.3.3 钢板剪力墙用焊缝的强度设计指标应按表 3.3.3 采用。

表 3.3.3 焊缝强度设计指标 (N/mm²)

焊接方法和焊条型号	构件钢材		对接焊缝强度设计值				角焊缝强度设计值	对接焊缝抗拉强度 f_u^w	角焊缝抗拉、抗压和抗剪强度 f_u^t
	牌号	厚度 (mm)	抗压 f_c^w	焊缝质量为下列等级时, 抗拉 f_t^w		抗剪 f_v^w	抗拉、抗压和抗剪 f^w		
				一级、二级	三级				
自动焊、半自动焊和 E43 型焊条手工焊	Q235	≤ 16	215	215	185	125	160	415	240
		$> 16, \leq 40$	205	205	175	120			
		$> 40, \leq 100$	200	200	170	115			
自动焊、半自动焊和 E50、E55 型焊条手工焊	Q345	≤ 16	305	305	260	175	200	480 (E50) 540 (E55)	280 (E50) 315 (E55)
		$> 16, \leq 40$	295	295	250	170			
		$> 40, \leq 63$	290	290	245	165			
		$> 63, \leq 80$	280	280	240	160			
		$> 80, \leq 100$	270	270	230	155			

续表 3.3.3

焊接方法和焊条型号	构件钢材		对接焊缝强度设计值				角焊缝强度设计值	角焊缝抗拉、抗压和抗剪强度 f_u^w
	牌号	厚度 (mm)	抗压 f_c^w	焊缝质量为下列等级时, 抗拉 f_t^w		抗剪 f_v^w	抗拉、抗压和抗剪 f^w	
				一级、二级	三级			
自动焊、半自动焊和 E50、E55 型焊条手工焊	Q390	≤ 16	345	345	295	200	200 (E50) 220 (E55)	480 (E50) 540 (E55)
		$> 16, \leq 40$	330	330	280	190		
		$> 40, \leq 63$	310	310	265	180		
		$> 63, \leq 100$	295	295	250	170		

注: 1. 手工焊用焊条、自动焊和半自动焊所采用的焊丝和焊剂, 应保证熔敷金属的力学性能不低于母材的性能。

2. 焊缝质量等级应符合现行国家标准《钢结构焊接规范》GB 50661 的规定, 焊缝检验方法应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 的规定。厚度小于 6.0mm 钢材的对接焊缝, 不应采用超声波探伤确定焊缝质量等级。

3. 对接焊缝在受压区的抗弯强度设计值取 f_c^w , 在受拉区的抗弯强度设计值取 f_t^w 。

4. 厚度系指计算点的钢材厚度, 对轴心受拉和轴心受压构件系指截面中较厚板件的厚度。

3.3.4 钢板剪力墙用螺栓连接的强度指标应按表 3.3.4 采用。

表 3.3.4 螺栓连接的强度指标 (N/mm²)

螺栓的性能等级、螺栓和构件钢材的牌号		强度设计值									高强度螺栓钢材的抗拉强度最小值 f_t^b
		普通螺栓						承压型连接用高强度螺栓			
		C 级螺栓			A 级、B 级螺栓			抗拉	抗剪	承压	
抗拉 f_t^b	抗剪 f_v^b	承压 f_c^b	抗拉 f_t^b	抗剪 f_v^b	承压 f_c^b	抗拉 f_t^b	抗剪 f_v^b	承压 f_c^b			
普通螺栓	4.6 级、4.8 级	170	140	—	—	—	—	—	—	—	
	5.6 级	—	—	—	210	190	—	—	—	—	
	8.8 级	—	—	—	400	320	—	—	—	—	
承压型连接高强度螺栓	8.8 级	—	—	—	—	—	400	250	—	830	
	10.9 级	—	—	—	—	—	500	310	—	1040	
构件钢材牌号	Q235	—	—	305	—	—	405	—	—	470	—
	Q345	—	—	385	—	—	510	—	—	590	—
	Q390	—	—	400	—	—	530	—	—	615	—

注：1. A 级螺栓用于 $d \leq 24\text{mm}$ 和 $L \leq 10d$ 或 $L \leq 150\text{mm}$ （按较小值）的螺栓；B 级螺栓用于 $d > 24\text{mm}$ 和 $L > 10d$ 或 $L > 150\text{mm}$ （按较小值）的螺栓； d 为公称直径， L 为螺栓公称长度。

2. A、B 级螺栓孔的精度和孔壁表面粗糙度，C 级螺栓孔的允许偏差和孔壁表面粗糙度，均应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 的规定。

3.3.5 钢板剪力墙钢材的弹性模量和剪变模量应按表 3.3.5 采用。

表 3.3.5 钢材弹性模量和剪变模量 ($\times 10^5 \text{N/mm}^2$)

弹性模量 E	剪变模量 G
2.06	0.79

3.3.6 混凝土和钢筋设计指标应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定。

3.4 变形限值

3.4.1 在风荷载和多遇地震作用下，非加劲钢板剪力墙、加劲钢板剪力墙、防屈曲钢板剪力墙和开缝钢板剪力墙弹性层间位移角不宜大于 $1/250$ ；钢板组合剪力墙弹性层间位移角不宜大于 $1/400$ 。

3.4.2 在罕遇地震作用下，非加劲钢板剪力墙、加劲钢板剪力墙、防屈曲钢板剪力墙和开缝钢板剪力墙弹塑性层间位移角不宜大于 $1/50$ ；钢板组合剪力墙弹塑性层间位移角不宜大于 $1/80$ 。

4 非加劲钢板剪力墙

4.1 一般规定

- 4.1.1 非加劲钢板剪力墙可利用钢板屈曲后强度承担剪力。
- 4.1.2 非加劲钢板剪力墙宜在主体结构封顶后与周边框架进行连接。
- 4.1.3 非加劲钢板剪力墙与周边框架可采用四边连接或两边连接。
- 4.1.4 承受竖向荷载的非加劲钢板剪力墙，应考虑竖向荷载对承载力的影响。
- 4.1.5 非加劲钢板剪力墙的简化分析模型应符合本规程附录 A 的规定；当有可靠依据时，也可采用其他分析模型。
- 4.1.6 非加劲钢板剪力墙的相对高厚比应符合下列公式规定：

$$\lambda \leq 600 \quad (4.1.6-1)$$

$$\lambda = \frac{H_e}{t_w \epsilon_k} \quad (4.1.6-2)$$

式中： λ ——钢板剪力墙的相对高厚比；

H_e ——钢板剪力墙的净高度（mm）；

t_w ——钢板剪力墙的厚度（mm）；

ϵ_k ——钢号修正系数，取 $\sqrt{235/f_y}$ ；

f_y ——钢材的屈服强度（N/mm²）。

4.2 四边连接钢板剪力墙

- 4.2.1 四边连接非加劲钢板剪力墙的受剪承载力应符合下列公式规定：

$$V \leq V_u \quad (4.2.1-1)$$

$$V_u = 0.42 f_t t_w L_e \quad (4.2.1-2)$$

式中: V ——钢板剪力墙的剪力设计值 (N);

V_u ——钢板剪力墙的受剪承载力设计值 (N);

f ——钢材的抗拉、抗压和抗弯强度设计值 (N/mm^2);

L_e ——钢板剪力墙的净跨度 (mm)。

4.2.2 非加劲钢板剪力墙边缘柱的截面惯性矩应符合下列公式规定:

$$I_c \geq (1 - \kappa) \cdot I_{\text{cmin}} \quad (4.2.2-1)$$

$$I_{\text{cmin}} = \frac{0.0031 t_w H_c^4}{L_b} \quad (4.2.2-2)$$

$$\kappa = \begin{cases} 1.0 & (\lambda_{n0} \leq 0.8) \\ 1 - 0.88(\lambda_{n0} - 0.8) & (0.8 < \lambda_{n0} \leq 1.2) \\ 0.94/\lambda_{n0}^2 & (\lambda_{n0} > 1.2) \end{cases} \quad (4.2.2-3)$$

$$\lambda_{n0} = \frac{1}{37 \sqrt{k_r}} \left(\frac{H_c}{t_w} \right) \frac{1}{\epsilon_k} \quad (4.2.2-4)$$

$$k_r = 8.98 + 5.6 (l_{\min}/l_{\max})^2 \quad (4.2.2-5)$$

式中: I_c ——边缘柱截面惯性矩 (mm^4);

I_{cmin} ——钢板剪力墙边缘柱截面最小惯性矩 (mm^4);

H_c ——柱高, 按与钢板剪力墙相连上下框架梁的轴线距离计算 (mm);

L_b ——梁跨, 按与钢板剪力墙相连框架柱的轴线距离计算 (mm);

t_w ——钢板剪力墙的厚度 (mm);

κ ——剪力分配系数;

λ_{n0} ——非加劲钢板剪力墙的正则化高厚比;

k_r ——四边固接板的弹性抗剪屈曲系数;

$l_{\min}$ ——钢板剪力墙短边长度 (mm);

$l_{\max}$ ——钢板剪力墙长边长度 (mm);

ϵ_k ——钢号修正系数, 取 $\sqrt{235/f_y}$;

f_y ——钢材的屈服强度 (N/mm^2)。

4.2.3 非加劲钢板剪力墙边缘梁的截面惯性矩应符合下列公式规定：

$$I_b \geq I_{bmin} \quad (4.2.3-1)$$

$$I_{bmin} = \frac{0.0031 t_w L_b^4}{H_c} \quad (4.2.3-2)$$

式中： I_b ——边缘梁截面惯性矩（ mm^4 ）；

I_{bmin} ——钢板剪力墙边缘梁截面最小惯性矩（ mm^4 ）。

4.2.4 非加劲钢板剪力墙边缘柱的轴力设计值可按下式计算：

$$P = P_1 + \eta_e q H_e \quad (4.2.4)$$

式中： P ——边缘柱轴力设计值（N）；

P_1 ——边缘柱端组合的最不利轴力设计值（N）；

q ——拉力带拉力设计值沿边缘柱单位高度方向产生的竖向分量（N/mm）；

η_e ——钢板剪力墙边缘柱的变轴力等效系数，按本规程附录B采用。

4.3 两边连接钢板剪力墙

4.3.1 两边连接非加劲钢板剪力墙的受剪承载力应符合下列公式规定：

当 $0.5 \leq L_e/H_e \leq 2.0$ 时，

$$V \leq V_u \quad (4.3.1-1)$$

$$V_u = \tau_u L_e t_w \quad (4.3.1-2)$$

$$\tau_u = [0.2 \ln(L_e/H_e) - 0.05 \ln(\lambda) + 0.68] \cdot f_v \quad (4.3.1-3)$$

$$\lambda = \frac{H_e}{t_w \epsilon_k} \quad (4.3.1-4)$$

式中： τ_u ——钢板剪力墙极限抗剪强度设计值（N/mm²）；

f_v ——钢材的抗剪强度设计值（N/mm²）；

λ ——钢板剪力墙的相对高厚比；

ϵ_k ——钢号修正系数，取 $\sqrt{235/f_y}$ 。

4.3.2 两边连接钢板剪力墙宜在钢板两自由边设置加劲肋，加劲肋厚度不宜小于剪力墙钢板厚度，加劲肋设计宜符合下列公式规定：

$$\phi \geq 1 \quad (4.3.2-1)$$

$$\phi = \frac{(1-\nu^2)t_f b_f^3}{t_w^3 L_e} \quad (4.3.2-2)$$

$$\frac{(b_f - t_f)}{2t_f} \leq 13\epsilon_k \quad (4.3.2-3)$$

式中： ϕ ——加劲肋刚度比；

ν ——钢材的泊松比；

b_f ——加劲肋的宽度（mm）；

t_f ——加劲肋的厚度（mm）；

ϵ_k ——钢号修正系数，取 $\sqrt{235/f_y}$ 。

4.4 构造要求

4.4.1 非加劲钢板剪力墙与框架梁、框架柱可采用鱼尾板过渡连接方式（图 4.4.1）。鱼尾板与边缘构件宜采用焊接连接，鱼尾板厚度应大于钢板厚度。

4.4.2 钢板与鱼尾板采用高强度螺栓连接时，单个高强度螺栓承受的剪力设计值和拉力设计值应按下列公式计算：

$$N_v = f_u A_0 \quad (4.4.2-1)$$

$$N_t = 0.1 f A_0 \quad (4.4.2-2)$$

墙板与框架梁相连鱼尾板连接时，

$$A_0 = L_e t_w / (\sqrt{2} n_h) \quad (4.4.2-3)$$

墙板与框架柱相连鱼尾板连接时，

$$A_0 = H_e t_w / (\sqrt{2} n_v) \quad (4.4.2-4)$$

式中： N_v ——单个高强度螺栓剪力设计值（N）；

f_u ——钢板剪力墙所用钢材的极限抗拉强度最小值（N/mm²）；

N_t ——单个高强度螺栓拉力设计值（N）；

A_0 —— 单个高强度螺栓承担拉力带的截面面积 (mm^2);
 n_h —— 墙板上侧或下侧与鱼尾板连接时设置的螺栓个数;
 n_v —— 墙板左侧或右侧与鱼尾板连接时设置的螺栓个数。

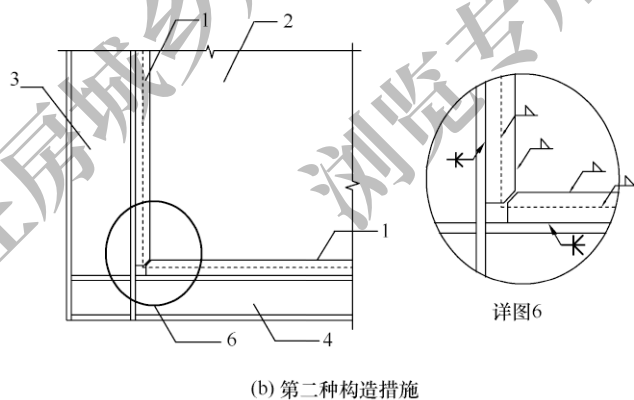
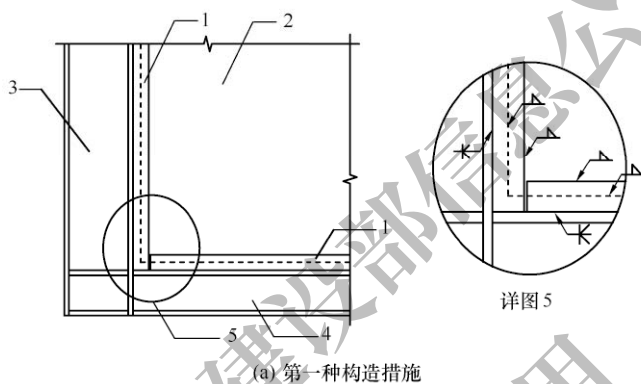


图 4.4.1 角部不同的构造措施

1—鱼尾板; 2—钢板; 3—框架柱;
 4—框架梁; 5—详图; 6—详图

5 加劲钢板剪力墙

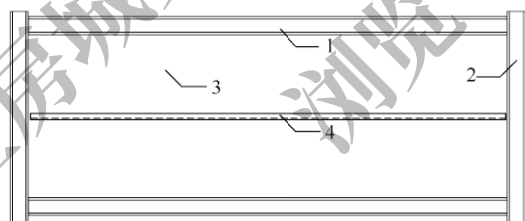
5.1 一般规定

5.1.1 加劲钢板剪力墙承载力计算时,可采用钢板剪力墙屈曲为承载力极限状态或考虑屈曲后强度。利用钢板剪力墙屈曲后强度时,边缘柱的截面惯性矩应符合本规程公式(4.2.2-1)的规定。

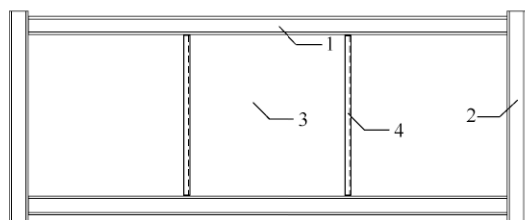
5.1.2 加劲钢板剪力墙与边缘构件可采用焊接或高强度螺栓连接,剪力墙与边缘构件间宜采用鱼尾板过渡。

5.1.3 加劲钢板剪力墙有加劲肋与内嵌钢板可采用焊接或螺栓连接。

5.1.4 加劲钢板剪力墙有加劲肋可采用水平布置(图 5.1.4a)、竖向布置(图 5.1.4b)、水平与竖向混合布置(图 5.1.4c)以及斜向交叉布置(图 5.1.4d)。



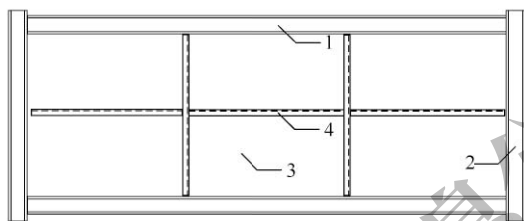
(a) 加劲肋水平布置



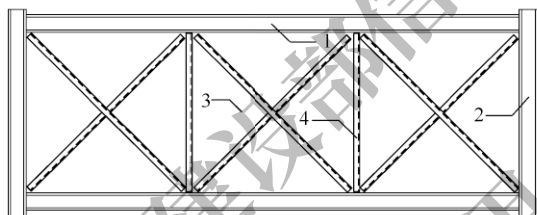
(b) 加劲肋竖向布置

图 5.1.4 加劲肋的布置形式示意(一)

1—框架梁; 2—框架柱; 3—钢板; 4—加劲肋



(c) 加劲肋水平与竖向混合布置

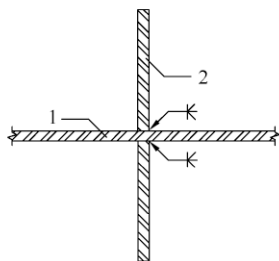


(d) 加劲肋斜向交叉布置

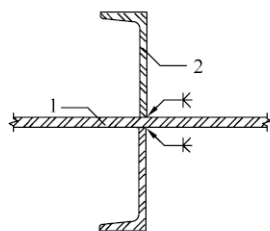
图 5.1.4 加劲肋的布置形式示意 (二)

1—框架梁；2—框架柱；3—钢板；4—加劲肋

5.1.5 加劲钢板剪力墙的加劲肋宜采用单板、开口或闭口截面形式的热轧型钢或冷弯薄壁型钢等加劲构件 (图 5.1.5-1、图 5.1.5-2)，可单侧布置或双侧布置。



(a) 单板加劲肋



(b) 热轧型钢加劲肋(角钢)

图 5.1.5-1 焊接加劲肋示意 (一)

1—钢板；2—加劲肋

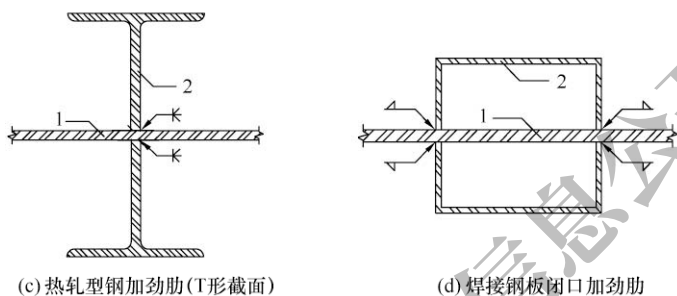


图 5.1.5-1 焊接加劲肋示意 (二)

1—钢板；2—加劲肋

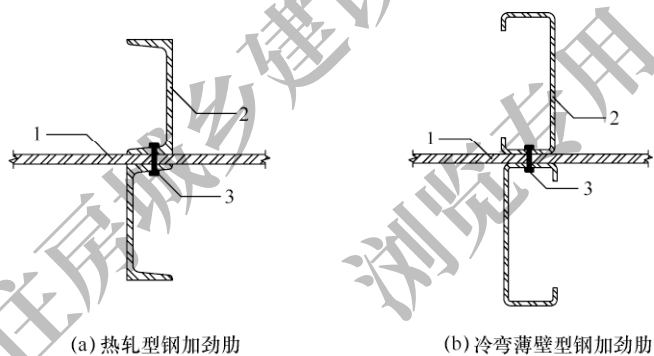


图 5.1.5-2 栓接加劲肋示意

1—钢板；2—加劲肋；3—高强螺栓

5.1.6 当水平加劲肋与竖向加劲肋混合布置时，竖向加劲肋宜通长布置。

5.2 焊接加劲钢板剪力墙

5.2.1 焊接加劲肋的最小弯曲刚度应符合下列公式规定：

$$\eta_x \geq 33 \quad (5.2.1-1)$$

$$\eta_x = \frac{EI_{sx}}{Dh_1} \quad (5.2.1-2)$$

$$\eta_y \geq 50 \quad (5.2.1-3)$$

$$\eta_y = \frac{EI_{sy}}{Dl_1} \quad (5.2.1-4)$$

$$D = \frac{Et_w^3}{12(1-\nu^2)} \quad (5.2.1-5)$$

式中： η_x 、 η_y ——分别为水平、竖直方向加劲肋的刚度参数；

E ——钢材的弹性模量 (N/mm^2)；

I_{sx} 、 I_{sy} ——分别为水平、竖直方向加劲肋的截面惯性矩 (mm^4)，可考虑加劲肋与钢板剪力墙有效宽度组合截面，单侧加劲时钢板剪力墙的有效宽度可取 15 倍的钢板厚度；

D ——单位宽度钢板剪力墙的弯曲刚度 ($\text{N} \cdot \text{mm}$)；

ν ——钢材的泊松比；

h_1 、 l_1 ——分别为钢板剪力墙区格高度和宽度 (mm)。

5.2.2 采用单板作为加劲肋时，加劲钢板剪力墙的弹性剪切屈曲临界应力 τ_{cr} 可按本规程附录 C 计算。采用其他形式加劲肋时，加劲钢板剪力墙的弹性剪切屈曲临界应力可采用数值计算确定。

5.2.3 采用以加劲钢板剪力墙的屈曲状态为承载力极限状态时，受剪承载力应符合下列公式规定：

$$\tau \leq \varphi_s f_v \quad (5.2.3-1)$$

$$\varphi_s \leq 1.0 \quad (5.2.3-2)$$

$$\varphi_s = \frac{1}{\sqrt[3]{0.738 + (\lambda_n)^6}} \quad (5.2.3-3)$$

$$\lambda_n = \sqrt{\frac{f_{vy}}{\tau_{cr}}} \quad (5.2.3-4)$$

式中: τ ——外荷载作用下钢板剪力墙产生的剪应力设计值 (N/mm^2);

f_v ——钢材的抗剪强度设计值 (N/mm^2);

f_{vy} ——钢材的抗剪屈服强度 (N/mm^2);

φ_s ——焊接加劲钢板剪力墙抗剪稳定系数;

λ_n ——焊接加劲钢板剪力墙的正则化高厚比;

τ_{cr} ——焊接加劲钢板剪力墙弹性剪切屈曲临界应力 (N/mm^2)。

5.2.4 考虑加劲钢板剪力墙屈曲后强度设计且加劲肋为钢板条时, 加劲肋宽厚比应符合下式规定:

$$6 \leq \lambda_s \leq 12 \quad (5.2.4)$$

式中: λ_s ——加劲肋宽厚比, 为加劲肋板件外伸宽度与厚度之比。

5.2.5 考虑加劲钢板剪力墙屈曲后强度设计且加劲肋为钢板条时, 受剪承载力应符合下列规定:

1 对于十字加劲的钢板剪力墙, 应符合下列公式规定:

$$\tau \leq C_0 \cdot \alpha_1 f_v \quad (5.2.5-1)$$

$$\alpha_1 = \begin{cases} 1 - 0.02(\lambda_{n0} - 0.7) & (\lambda_{n0} \leq 2.1) \\ 1.21/\lambda_{n0}^{0.29} & (\lambda_{n0} > 2.1) \end{cases} \quad (5.2.5-2)$$

2 对于交叉加劲钢板剪力墙, 应符合下列公式规定:

$$\tau \leq C_0 \cdot C_1 \cdot \alpha_2 f_v \quad (5.2.5-3)$$

$$\alpha_2 = 1.68 + 0.0085(\eta - 30) - 1.15e^{-\lambda_{n0}} \quad (5.2.5-4)$$

$$C_1 = 1.21 - 0.07(\lambda_s - 6) \quad (5.2.5-5)$$

$$\eta = \frac{EI_s}{Dl_{1\max}} \quad (5.2.5-6)$$

式中: τ ——外荷载作用下钢板剪力墙产生的剪应力设计值 (N/mm^2);

f_v ——钢材的抗剪强度设计值 (N/mm^2);

C_0 ——边缘柱刚度相关的折减系数, 取 0.87;

C_1 ——加劲肋折减系数, 当加劲肋为平钢板时, 按公式

- (5.2.5-5) 计算, 当加劲肋为其他形式时取为 1.0;
- α_1 、 α_2 ——分别为十字加劲与交叉加劲情况下考虑屈曲后强度的极限承载力系数;
- λ_{n0} ——非加劲钢板剪力墙的正则化高厚比, 按本规程公式 (4.2.2-4) 计算;
- η ——肋板弯曲刚度比;
- EI_s ——加劲肋弯曲刚度 ($\text{N} \cdot \text{mm}^2$);
- $l_{1\max}$ ——钢板剪力墙区格宽度 l_1 与区格高度 h_1 的较大值 (mm)。

5.3 栓接加劲钢板剪力墙

5.3.1 螺栓连接的加劲钢板剪力墙的弹性剪切屈曲临界应力应按下列公式计算:

$$\tau_{\text{crb}} = k_{\text{sb}} \cdot \frac{\pi^2 D}{l_1 h_1^2 t_w} \quad (5.3.1-1)$$

$$k_{\text{sb}} = \psi_b \cdot \left[5.34 \frac{\eta}{1.25 + \eta} + 4.0 \frac{\eta}{1.25 + \eta} \left(\frac{h_1}{l_1} \right)^2 \right] \quad (5.3.1-2)$$

$$\psi_b = 0.8 + 0.09 \ln(n_b) \quad (5.3.1-3)$$

式中: k_{sb} ——考虑肋板刚度比影响的弹性抗剪屈曲系数;

D ——单位宽度钢板剪力墙的弯曲刚度 ($\text{N} \cdot \text{mm}$), 按公式 (5.2.1-5) 计算;

l_1 ——钢板剪力墙区格宽度 (mm);

h_1 ——钢板剪力墙区格高度 (mm);

t_w ——钢板剪力墙的厚度 (mm);

η ——肋板弯曲刚度比, 按公式 (5.2.5-6) 计算;

ψ_b ——与螺栓数目相关的折减系数;

n_b ——区格间加劲肋段上的螺栓数目。

5.3.2 螺栓连接的加劲钢板剪力墙且以加劲钢板剪力墙屈曲作为承载力极限状态时, 受剪承载力应符合下列公式规定:

$$\tau \leq \varphi_{sb} f_v \quad (5.3.2-1)$$

$$\varphi_{sb} \leq 1.0 \quad (5.3.2-2)$$

$$\varphi_{sb} = \frac{1}{\sqrt[3]{0.738 + (\lambda_{nb})^6}} \quad (5.3.2-3)$$

$$\lambda_{nb} = \sqrt{\frac{f_{vy}}{\tau_{crb}}} \quad (5.3.2-4)$$

式中： τ ——外荷载作用下钢板剪力墙产生的剪应力设计值（N/mm²）；

f_{vy} ——钢材的抗剪屈服强度（N/mm²）；

f_v ——钢材的抗剪强度设计值（N/mm²）；

φ_{sb} ——栓接加劲钢板剪力墙抗剪稳定系数；

λ_{nb} ——栓接加劲钢板剪力墙的正则化高厚比；

τ_{crb} ——栓接加劲钢板剪力墙钢板弹性剪切屈服临界应力（N/mm²）。

5.4 构造要求

5.4.1 焊接或栓接加劲钢板剪力墙纵横加劲肋划分的钢板区格宽高比宜等于1，区格宽厚比应符合下列公式规定：

对于开口加劲肋：

$$\frac{l_1 + h_1}{t_w} \leq 220\epsilon_k \quad (5.4.1-1)$$

对于闭口加劲肋：

$$\frac{l_1 + h_1}{t_w} \leq 250\epsilon_k \quad (5.4.1-2)$$

式中： l_1 ——钢板剪力墙区格宽度（mm）；

h_1 ——钢板剪力墙区格高度（mm）；

t_w ——钢板剪力墙的厚度（mm）；

ϵ_k ——钢号修正系数，取 $\sqrt{235/f_y}$ ；

f_y ——钢材的屈服强度（N/mm²）。

5.4.2 栓接加劲钢板剪力墙型钢加劲肋与内嵌钢板可采用高强

度螺栓连接，螺栓连接强度计算应符合现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017 的有关规定。

5.4.3 热轧型钢或冷弯薄壁型钢用作栓接加劲钢板剪力墙的加劲肋时，双列螺栓连接时可考虑加劲肋扭转刚度对约束内嵌钢板屈曲的贡献。

5.4.4 加劲肋与边缘构件不宜直接连接。加劲肋与边缘构件直接焊接或采用其他方式直接连接时，宜考虑边缘构件对加劲肋的不利影响。

6 防屈曲钢板剪力墙

6.1 一般规定

6.1.1 防止钢板屈曲的构件可采用混凝土盖板，也可采用型钢。

6.1.2 防屈曲钢板剪力墙设计中，不应考虑混凝土盖板或型钢与钢板剪力墙的粘结作用，且不应考虑其对钢板抗侧刚度和承载力的贡献。

6.1.3 防止钢板屈曲的构件应能向钢板提供持续的面外约束。

6.1.4 防屈曲钢板剪力墙与周边框架可采用四边连接或两边连接。

6.1.5 防屈曲钢板剪力墙的简化分析模型宜按本规程附录 D 的规定采用；当有可靠依据时，可采用其他分析模型。

6.1.6 防屈曲钢板剪力墙的高厚比宜符合下列公式规定：

$$100 \leq \lambda \leq 600 \quad (6.1.6-1)$$

$$\lambda = \frac{H_e}{t_w \epsilon_k} \quad (6.1.6-2)$$

式中： λ ——钢板剪力墙的相对高厚比；

H_e ——钢板剪力墙的净高度（mm）；

t_w ——钢板剪力墙的厚度（mm）；

ϵ_k ——钢号修正系数，取 $\sqrt{235/f_y}$ ；

f_y ——钢材的屈服强度（N/mm²）。

6.2 承载力计算

6.2.1 四边连接防屈曲钢板剪力墙受剪承载力应符合下列公式规定：

$$V \leq V_u \quad (6.2.1-1)$$

$$V_u = 0.53 f L_e t_w \quad (6.2.1-2)$$

式中: V ——钢板剪力墙的剪力设计值 (N);

V_u ——钢板剪力墙的受剪承载力设计值 (N);

L_e ——钢板剪力墙的净跨度 (mm);

f ——钢材的抗拉、抗压和抗弯强度设计值 (N/mm^2)。

6.2.2 两边连接防屈曲钢板剪力墙受剪承载力应符合下列公式规定:

$$V \leq V_u \quad (6.2.2-1)$$

$$V_u = \tau_u L_e t_w \quad (6.2.2-2)$$

当 $0.5 \leq L_e/H_e \leq 1.0$,

$$\tau_u = \left[0.45 \ln \left(\frac{L_e}{H_e} \right) + 0.69 \right] \cdot f_v \cdot \epsilon_k \quad (6.2.2-3)$$

当 $1.0 < L_e/H_e \leq 2.0$,

$$\tau_u = \left[0.76 \ln \left(\frac{L_e}{H_e} \right) - 0.36 \left(\frac{L_e}{H_e} \right) + 1.05 \right] \cdot f_v \cdot \epsilon_k \quad (6.2.2-4)$$

式中: f_v ——钢材的抗剪强度设计值 (N/mm^2);

ϵ_k ——钢号修正系数, 取 $\sqrt{235/f_y}$ 。

6.3 构造要求

6.3.1 混凝土盖板与周边框架之间应预留间隙, 每侧间隙 a 不应小于预留间隙下限值 Δ 。预留间隙下限值应按下列公式计算:

$$\Delta = H_e [\theta_p] \quad (6.3.1)$$

式中: $[\theta_p]$ ——弹塑性层间位移角限值, 可取 $1/50$ 。

6.3.2 内嵌钢板与两侧混凝土盖板可采用螺栓连接。内嵌钢板的螺栓孔直径宜比连接螺栓直径大 $2.0\text{mm} \sim 2.5\text{mm}$, 混凝土盖

板螺栓孔直径不应小于内嵌钢板的螺栓孔直径。相邻螺栓中心距离与内嵌钢板厚度的比值不宜大于 100。

6.3.3 约束钢板平面外屈曲的混凝土盖板按两面设置时，单侧混凝土盖板的约束刚度比 η_c 应符合下列公式规定：

$$\eta_c \geq \begin{cases} 1.15 & \lambda \leq 200 \\ 0.45 + \frac{\lambda}{285} & \lambda > 200 \end{cases} \quad (6.3.3-1)$$

$$\eta_c = \frac{1.48k_s E_c t_c^3}{f_{tw} H_c^2} \quad (6.3.3-2)$$

当 $H_c/L_c \geq 1.0$,

$$k_s = 4.0 + 5.34(H_c/L_c)^2 \quad (6.3.3-3)$$

当 $H_c/L_c < 1.0$,

$$k_s = 5.34 + 4.0(H_c/L_c)^2 \quad (6.3.3-4)$$

式中： η_c ——混凝土盖板的面外约束刚度比；

E_c ——混凝土的弹性模量，按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 执行 (N/mm^2)；

t_c ——单侧混凝土盖板厚度 (mm)；

k_s ——四边简支板的弹性抗剪屈曲系数。

6.3.4 防屈曲钢板剪力墙中单侧混凝土盖板厚度不宜小于 100mm，且应双层双向配筋，每个方向的单侧配筋率均不应小于 0.2%，且钢筋最大间距不宜大于 200mm。

6.3.5 防屈曲钢板剪力墙应在混凝土盖板的双层双向钢筋网之间设置连系钢筋，并应在板边缘处做加强处理。

6.3.6 混凝土盖板可分块设置，设计计算应考虑由此产生的不利影响。

6.3.7 防屈曲钢板剪力墙与边缘构件宜采用鱼尾板过渡，鱼尾

板与边缘构件宜采用焊接连接；鱼尾板与钢板剪力墙可采用焊接或高强度螺栓连接，混凝土盖板与钢板剪力墙可采用对拉螺栓连接（图 6.3.7）。

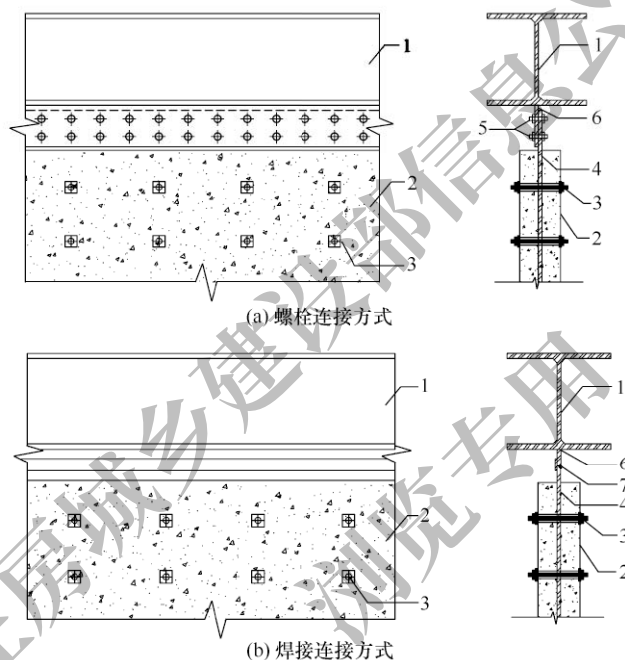


图 6.3.7 防屈曲钢板剪力墙与周边框架的连接方式示意

- 1—钢梁；2—预制混凝土盖板；3—对拉螺栓；4—内嵌钢板；
5—高强度螺栓；6—鱼尾板；7—焊缝

6.3.8 防屈曲钢板剪力墙安装完毕后，混凝土盖板与框架之间的间隙宜采用隔声的弹性材料填充，并宜用轻型金属架及耐火板材覆盖。

7 钢板组合剪力墙

7.1 一般规定

7.1.1 钢板组合剪力墙的墙体外包钢板和内填混凝土之间的连接构造（图 7.1.1）可采用栓钉、T 形加劲肋、缀板或对拉螺栓，也可混合采用这四种连接方式。

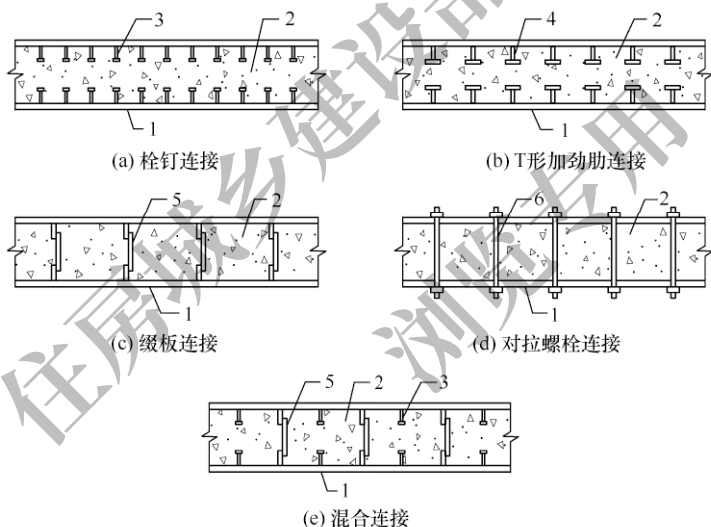


图 7.1.1 钢板组合剪力墙构造示意

1—外包钢板；2—混凝土；3—栓钉；4—T 形加劲肋；
5—缀板；6—对拉螺栓

7.1.2 钢板组合剪力墙的墙体厚度与墙体钢板厚度的比值宜符合下式规定：

$$25 \leq t_{wc}/t_{sw} \leq 100 \quad (7.1.2)$$

式中： t_{wc} ——钢板剪力墙墙体的厚度（mm）；

t_{sw} ——剪力墙墙体单片钢板的厚度 (mm)。

7.1.3 墙体钢板的厚度不宜小于 10mm。

7.1.4 当钢板组合剪力墙的墙体连接构造采用栓钉或对拉螺栓时, 栓钉或对拉螺栓的间距与外包钢板厚度的比值应符合下式规定:

$$s_{st}/t_{sw} \leq 40\epsilon_k \quad (7.1.4)$$

式中: s_{st} ——墙体栓钉或对拉螺栓间距 (mm);

ϵ_k ——钢号修正系数, 取 $\sqrt{235/f_y}$;

f_y ——钢材的屈服强度 (N/mm²)。

7.1.5 当钢板组合剪力墙的墙体连接构造采用 T 形加劲肋时, 加劲肋的间距与外包钢板厚度的比值应符合下式规定:

$$s_{ri}/t_{sw} \leq 60\epsilon_k \quad (7.1.5)$$

式中: s_{ri} ——钢板组合剪力墙加劲肋的间距 (mm);

ϵ_k ——钢号修正系数, 取 $\sqrt{235/f_y}$ 。

7.1.6 钢板组合剪力墙的墙体两端和洞口两侧应设置暗柱、端柱或翼墙, 暗柱、端柱宜采用矩形钢管混凝土构件。

7.1.7 结构内力和变形分析时, 钢板组合剪力墙的刚度可按下列公式计算:

$$EI = E_s I_s + E_c I_c \quad (7.1.7-1)$$

$$EA = E_s A_s + E_c A_c \quad (7.1.7-2)$$

$$GA = G_s A_s + G_c A_c \quad (7.1.7-3)$$

式中: EI ——钢板组合剪力墙的截面弯曲刚度 (N·mm²);

EA ——钢板组合剪力墙的截面轴压刚度 (N);

GA ——钢板组合剪力墙的截面剪切刚度 (N);

$E_s I_s$ ——钢板组合剪力墙钢板部分的截面弯曲刚度 (N·mm²);

$E_s A_s$ ——钢板组合剪力墙钢板部分的截面轴压刚度 (N);

$G_s A_s$ ——钢板组合剪力墙钢板部分的截面剪切刚度 (N);

$E_c I_c$ —— 钢板组合剪力墙混凝土部分的截面弯曲刚度 ($\text{N} \cdot \text{mm}^2$);

$E_c A_c$ —— 钢板组合剪力墙混凝土部分的截面轴压刚度 (N);

$G_c A_c$ —— 钢板组合剪力墙混凝土部分的截面剪切刚度 (N)。

7.2 承载力计算

7.2.1 考虑地震作用的钢板组合剪力墙的弯矩设计值、剪力设计值应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的规定。

7.2.2 压弯作用下钢板组合剪力墙受弯承载力可采用全截面塑性设计方法计算 (图 7.2.2), 且应考虑剪力对钢板轴向强度的降低作用。钢板组合剪力墙受弯承载力计算应符合下列规定:

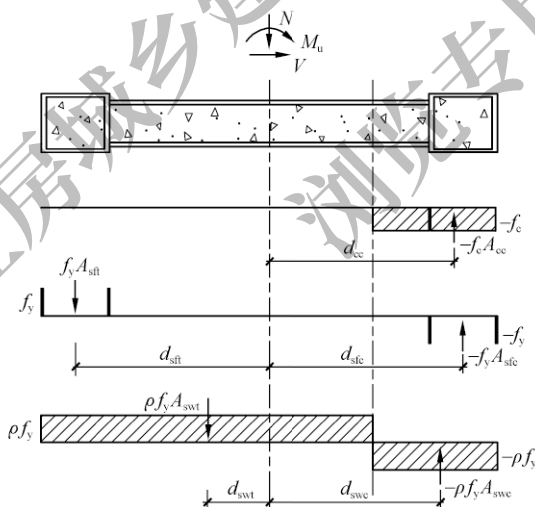


图 7.2.2 压弯荷载作用下的截面应力分布

1 塑性中和轴的高度可按式确定:

$$N = f_c A_{cc} + f_y A_{sfc} + \rho f_y A_{swc} - f_y A_{sft} - \rho f_y A_{swt} \quad (7.2.2-1)$$

2 受弯承载力设计值可按下列公式计算：

$$M_{u,N} = f_c A_{cc} d_{cc} + f_y A_{sfc} d_{sfc} + \rho f_y A_{swc} d_{swc} + f_y A_{sft} d_{sft} + \rho f_y A_{swt} d_{swt} \quad (7.2.2-2)$$

$$\rho = \begin{cases} 1 & (V/V_u \leq 0.5) \\ 1 - (2V/V_u - 1)^2 & (V/V_u > 0.5) \end{cases} \quad (7.2.2-3)$$

3 截面弯矩设计值应符合下式规定：

$$M \leq M_{u,N} \quad (7.2.2-4)$$

式中：\$N\$——剪力墙的轴压力设计值（N）；

\$M\$——剪力墙的弯矩设计值（N·mm）；

\$V\$——钢板剪力墙的剪力设计值（N）；

\$f_c\$——混凝土的轴心抗压强度设计值（N/mm²）；

\$f_y\$——钢材的屈服强度（N/mm²）；

\$M_{u,N}\$——钢板组合剪力墙在轴压力作用下的受弯承载力设计值（N·mm）；

\$A_{cc}\$——受压混凝土面积（mm²）；

\$A_{sfc}\$——垂直于剪力墙受力平面的受压钢板面积（mm²）；

\$A_{sft}\$——垂直于剪力墙受力平面的受拉钢板面积（mm²）；

\$A_{swc}\$——平行于剪力墙受力平面的受压钢板面积（mm²）；

\$A_{swt}\$——平行于剪力墙受力平面的受拉钢板面积（mm²）；

\$d_{cc}\$——受压混凝土的合力作用点到剪力墙截面形心的距离（mm）；

\$d_{sfc}\$——垂直于剪力墙受力平面的受压钢板合力作用点到剪力墙截面形心的距离（mm）；

\$d_{sft}\$——垂直于剪力墙受力平面的受拉钢板合力作用点到剪力墙截面形心的距离（mm）；

\$d_{swc}\$——平行于剪力墙受力平面的受压钢板合力作用点到剪力墙截面形心的距离（mm）；

\$d_{swt}\$——平行于剪力墙受力平面的受拉钢板合力作用点到剪力墙截面形心的距离（mm）；

ρ ——考虑剪应力影响的钢板强度折减系数；

V_u ——钢板剪力墙的受剪承载力设计值，按本规程第 7.2.3 条计算 (N)。

7.2.3 钢板组合剪力墙的受剪承载力应符合下列公式规定：

$$V \leq V_u \quad (7.2.3-1)$$

$$V_u = 0.6f_y A_{sw} \quad (7.2.3-2)$$

式中： V ——钢板剪力墙的剪力设计值 (N)；

V_u ——钢板剪力墙的受剪承载力设计值 (N)；

A_{sw} ——平行于剪力墙受力平面的钢板面积 (mm^2)。

7.2.4 考虑地震作用的钢板组合剪力墙在重力荷载代表值作用下的轴压比不宜超过表 7.2.4 中的轴压比限值，轴压比应按下式计算：

$$n = \frac{N}{f_c A_c + f_y A_s} \quad (7.2.4)$$

式中： n ——轴压比；

N ——剪力墙的轴压力设计值 (N)；

f_c ——混凝土的轴心抗压强度设计值 (N/mm^2)；

A_c ——剪力墙截面的混凝土面积 (mm^2)；

f_y ——钢材的屈服强度 (N/mm^2)；

A_s ——剪力墙截面的钢板总面积 (mm^2)。

表 7.2.4 钢板组合剪力墙墙肢轴压比限值

抗震等级	一级 (9 度)	一级 (6、7、8 度)	二、三级
轴压比限值	0.4	0.5	0.6

7.2.5 单个栓钉或对拉螺栓的拉力应符合下列公式规定：

$$T_{st} \leq T_{ust} \quad (7.2.5-1)$$

$$T_{st} = \alpha_{st} t_{sw} s_{sth} f_y \quad (7.2.5-2)$$

式中： T_{st} ——单个栓钉或对拉螺栓的拉力设计值 (N)；

T_{ust} ——单个栓钉的受拉承载力设计值 (N)，对拉螺栓的受拉承载力按现行国家标准《钢结构设计规范》

GB 50017 的有关规定执行；

α_{st} —— 连接件拉力系数，可取为 0.03；

t_{sw} —— 剪力墙墙体单片钢板的厚度（mm）；

s_{sth} —— 栓钉水平方向的间距（mm）；

f_y —— 钢材的屈服强度（N/mm²）。

7.2.6 单个栓钉的受拉承载力应符合下列公式规定：

$$T_{ust} \leq A_{st} f_{sty} \quad (7.2.6-1)$$

$$T_{ust} = 24 \psi_{st} f_c^{0.5} h_{st}^{1.5} \quad (7.2.6-2)$$

$$\psi_{st} = s_{st}^2 / (9h_{st}^2) \quad (7.2.6-3)$$

式中： A_{st} —— 栓钉钉杆截面面积（mm²）；

f_{sty} —— 栓钉的抗拉屈服强度（N/mm²）；

ψ_{st} —— 考虑栓钉间距影响的调整系数，当 s_{st} 不小于 $3h_{st}$ 时， $\psi_{st} = 1$ ；当 s_{st} 小于 $3h_{st}$ 时，应按公式（7.2.6-3）计算；

s_{st} —— 墙体栓钉或对拉螺栓间距（mm）；

h_{st} —— 栓钉钉杆的高度（mm）。

7.3 构造要求

7.3.1 栓钉连接件的直径不宜大于钢板厚度的 1.5 倍，栓钉的长度宜大于 8 倍的栓钉直径。

7.3.2 采用 T 形加劲肋的连接构造时，加劲肋的钢板厚度不应小于外包钢板厚度的 1/5，且不应小于 5mm。T 形加劲肋腹板高度 b_1 不应小于 10 倍的加劲肋钢板厚度，端板宽度 b_2 不应小于 5 倍的加劲肋钢板厚度（图 7.3.2）。

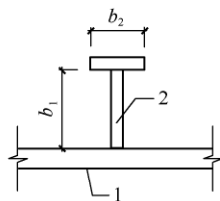


图 7.3.2 T 形加

劲肋构造示意

1—外包钢板；

2—T 形加劲肋

7.3.3 钢板组合剪力墙厚度超过 800mm 时，内填混凝土内可配置水平和竖向分布钢筋。分布钢筋的配筋率不宜小于

0.25%，间距不宜大于 300mm，且栓钉连接件宜穿过钢筋网片。

7.3.4 钢板组合剪力墙厚度超过 800mm 时，墙体钢板之间宜设缀板或对拉螺栓等对拉构造措施。

7.3.5 墙体钢板与边缘钢构件之间宜采用焊接连接。

8 开缝钢板剪力墙

8.1 一般规定

8.1.1 开缝钢板剪力墙宜用于抗震设防烈度为7度及以上地区的钢框架、钢管混凝土柱与钢梁或组合梁组成的框架中。

8.1.2 因建筑布局或功能要求,采用其他抗侧力构件难以布置时,可采用开缝钢板剪力墙。

8.1.3 当开缝钢板剪力墙用于层数小于18层的建筑时,可不考虑竖向荷载对剪力墙性能的不利影响。

8.1.4 开缝钢板剪力墙结构布置时,应使同层中同方向的钢板剪力墙极限承载力之和不大于框架柱的该方向塑性剪力之和。单根框架柱的塑性剪力设计值 V_{uc} 可按下式计算:

$$V_{uc} = \frac{2W_{pc}}{H_c} f_y \quad (8.1.4)$$

式中: W_{pc} ——柱在剪力墙平面方向的塑性截面弯曲模量(mm^3);

H_c ——柱高,按与钢板剪力墙相连上下框架梁的轴线距离计算(mm)。

8.1.5 与开缝钢板剪力墙相连的上下框架梁的受弯、受剪承载力设计值应大于内力设计值的1.5倍。

8.2 承载力与刚度计算

8.2.1 开缝钢板剪力墙的受剪承载力应符合下列公式规定:

$$V \leq V_d \quad (8.2.1-1)$$

$$V_d = \frac{2n_c W_{ew}}{h} f \quad (8.2.1-2)$$

$$W_{ew} = t_w b^2 / 6 \quad (8.2.1-3)$$

式中: V ——钢板剪力墙的剪力设计值 (N);

V_d ——开缝钢板剪力墙的弹性承载力设计值 (N);

W_{ew} ——缝间小柱的弹性截面弯曲模量 (mm^3);

n_c ——柱状部条数;

b ——开缝钢板剪力墙缝间小柱宽度 (mm);

h ——开缝钢板剪力墙缝高度 (mm);

t_w ——钢板剪力墙的厚度 (mm)。

8.2.2 开缝钢板剪力墙的极限受剪承载力应按下列公式计算:

$$V_u = \psi_{ym} \frac{2n_c W_{pw}}{h} f_y \quad (8.2.2-1)$$

$$W_{pw} = t_w b^2 / 4 \quad (8.2.2-2)$$

式中: W_{pw} ——缝间小柱的塑性截面弯曲模量 (mm^3);

ψ_{ym} ——钢材超强系数, 取 $\psi_{ym} = 1.15$;

f_y ——钢材的屈服强度 (N/mm^2)。

8.2.3 开缝钢板剪力墙 (图 8.2.3) 的水平剪切刚度 K 可按下列式计算:

$$K = \frac{1}{\frac{1.2(H_e - mh)}{GL_e t_w} + \frac{1.2h}{Gbt_w} \cdot \frac{m}{n_c} + \left(1 + \frac{b}{h}\right)^3 \frac{h^3}{Et_w b^3} \cdot \frac{m}{n_c}} \quad (8.2.3)$$

式中: E ——钢材的弹性模量 (N/mm^2);

G ——钢材的剪变模量 (N/mm^2);

H_e ——钢板剪力墙的净高度 (mm);

L_e ——钢板剪力墙的净跨度 (mm);

t_w ——钢板剪力墙的厚度 (mm);

m ——竖缝排数, 一般为 (2~3) 道。

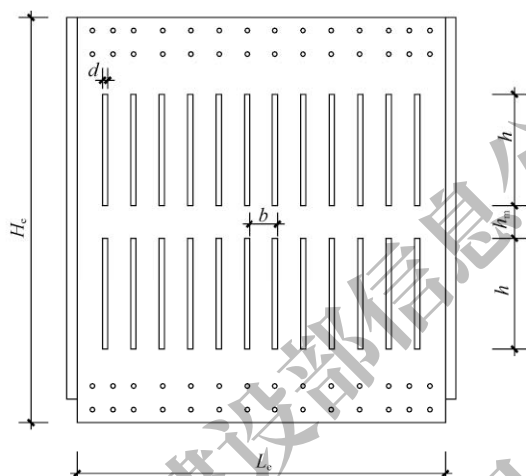


图 8.2.3 开缝钢板剪力墙墙板示意

H_e —钢板剪力墙的净高度； L_e —钢板剪力墙的净跨度；
 d —缝宽； b —开缝钢板剪力墙缝间小柱宽度； h —开缝钢板
 剪力墙缝高度； h_m —缝间小柱纵向净间距

8.3 构造要求

8.3.1 开缝钢板剪力墙墙板应采用加劲措施约束墙板面外变形，可在开缝钢板剪力墙墙板两侧设置加劲肋。加劲肋可采用矩形钢管、工字型钢、槽钢或钢板（图 8.3.1）。加劲肋对 y 轴的惯性矩应符合下式规定：

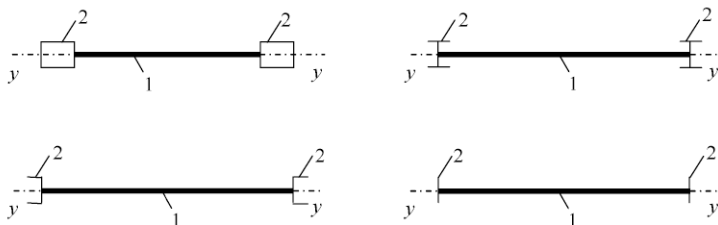


图 8.3.1 设置加劲肋的剪力墙平面示意

1—剪力墙板；2—加劲肋

$$I_{sy} \geq \frac{15t_w^3 L_e}{12(1-\nu^2)} \quad (8.3.1)$$

式中: I_{sy} —— 竖直方向加劲肋的截面惯性矩 (mm^4);

ν —— 钢材的泊松比, 取 0.3。

8.3.2 两侧加劲的开缝剪力墙墙板的设计参数应符合下列规定:

1 墙板的高宽比应符合下式规定:

$$0.9 \leq H_e/L_e \leq 1.5 \quad (8.3.2-1)$$

2 墙板的宽厚比应符合下式规定:

$$180 \leq H_e/t_w \leq 290 \quad (8.3.2-2)$$

3 柱状部的高宽比应符合下式规定:

$$4 \leq h/b \leq 7 \quad (8.3.2-3)$$

4 柱状部的宽厚比应符合下式规定:

$$6 \leq b/t_w \leq 15 \quad (8.3.2-4)$$

5 缝排数 m 应符合下式规定:

$$m = [2, 3] \quad (8.3.2-5)$$

8.3.3 层高为 2.7m~4.0m 时, 剪力墙钢板厚度宜为 8mm~16mm, 板宽宜为 1.3m~2.2m。

8.3.4 开缝钢板剪力墙宜采用 Q235 钢板, 开缝宽度宜与钢板墙厚度保持一致。

8.3.5 开缝钢板剪力墙墙板与钢梁的连接构造应符合下列规定:

1 宜采用摩擦型连接的高强度螺栓与上下框架梁连接, 墙板一侧的螺栓孔宜为竖向长圆形孔, 连接件应设面外加劲构造 (图 8.3.5);

2 螺栓的终拧宜在结构体系及楼板安装完毕后进行;

3 高强度螺栓剪力计算时, 应考虑螺栓水平剪力 V_H 及板上倾覆力矩 M_1 引起的螺栓竖向剪力 V_v , 并应按下列公式确定螺栓的最大剪力 $V_{\max}$:

$$V_{\max} = \sqrt{V_H^2 + (1.5V_v)^2} \quad (8.3.5-1)$$

$$V_H = \frac{2n_c W_{ew} f}{hm_1} \quad (8.3.5-2)$$

$$M_1 = \frac{4}{3} \frac{n_c W_{ew} f}{h} H_e \quad (8.3.5-3)$$

式中： n_1 ——墙板上端或下端高强度螺栓个数；

V_v ——板上倾覆力矩 M_1 引起的螺栓竖向剪力，各螺栓分担的剪力按线性分布 (N)。

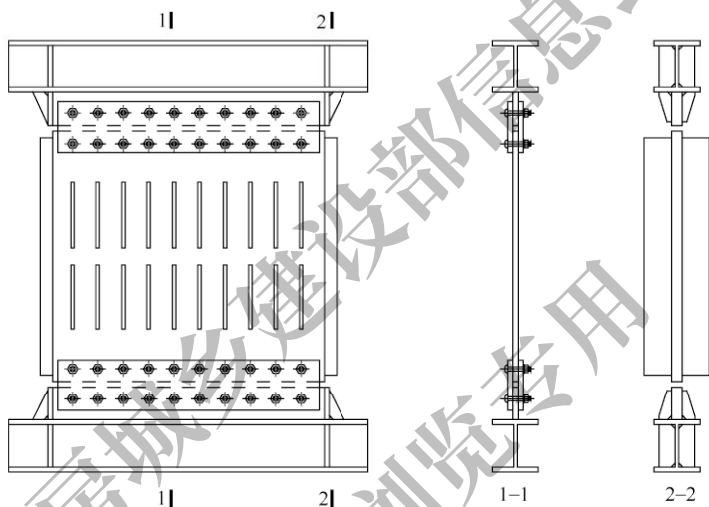


图 8.3.5 开缝钢板剪力墙边缘加劲及与钢梁连接构造示意

9 节点设计与连接构造

9.1 一般规定

9.1.1 节点及连接应便于安装及检验。

9.1.2 钢板剪力墙承受竖向荷载时，节点及连接设计计算应考虑竖向荷载的影响。

9.1.3 钢板剪力墙与边缘构件的连接设计应符合下列规定：

1 连接承载力设计值不应小于钢板剪力墙承载力设计值；

2 抗震设计时，连接极限承载力应大于钢板剪力墙的屈服承载力。

9.1.4 钢板剪力墙与边缘构件可直接连接或采用鱼尾板作为过渡连接。当采用鱼尾板过渡连接时，鱼尾板与钢柱、钢梁应采用熔透焊缝焊接，且鱼尾板厚度不应小于钢板剪力墙厚度。

9.1.5 钢板剪力墙与鱼尾板可采用焊接连接或高强度螺栓连接，当采用焊接连接时，钢板剪力墙与鱼尾板应等强连接；当采用高强度螺栓连接时，端部连接应加强，螺栓不宜少于两排两列布置。

9.1.6 钢板剪力墙与边缘构件的连接时间应在设计文件中提出明确要求。

9.2 钢板剪力墙与边缘构件螺栓连接

9.2.1 钢板剪力墙与边缘构件的螺栓连接应符合国家现行标准《钢结构设计规范》GB 50017 和《钢结构高强度螺栓连接技术规程》JGJ 82 的有关规定。

9.2.2 非加劲钢板剪力墙与边缘构件采用螺栓连接时，应避免螺栓受力集中而发生逐个失效。

9.2.3 钢板剪力墙通过鱼尾板与边缘构件螺栓连接时（图 9.2.3），钢板剪力墙中螺栓连接计算应符合本规程第 4.4.2 条、

第 8.3.5 条及现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017 的有关规定。

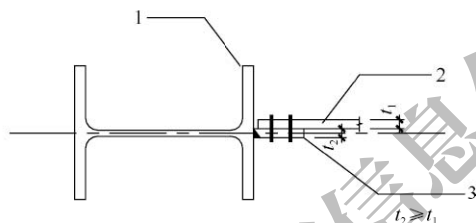


图 9.2.3 与边缘构件的螺栓连接示意

1—边缘构件；2—钢板剪力墙钢板；3—鱼尾板（过渡连接）

9.3 钢板剪力墙与边缘构件焊接连接

9.3.1 钢板剪力墙与边缘构件直接焊接时应符合下列规定：

- 1 鱼尾板仅作为连接垫板使用，鱼尾板与钢板剪力墙的安装，可采用水平或竖向槽孔，鱼尾板的厚度及宽度应满足安装要求；
- 2 钢板剪力墙与柱的焊接，采用对接焊缝，对接焊缝质量等级不应低于二级，鱼尾板尾部与钢板剪力墙采用角焊缝现场焊接；
- 3 钢板剪力墙钢板厚度不小于 22mm 时，钢板与钢梁连接宜采用 K 形熔透焊（图 9.3.1）。

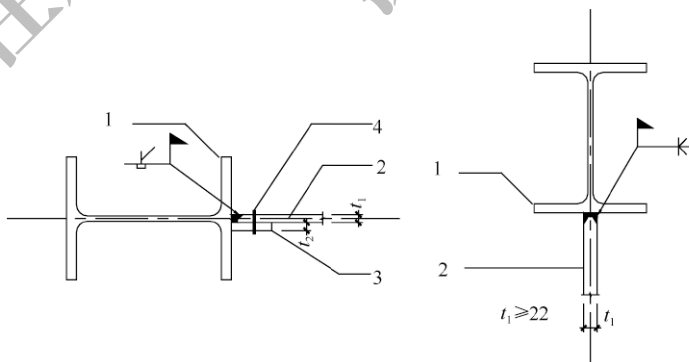


图 9.3.1 与边缘构件直接焊接连接

1—边缘构件；2—钢板剪力墙钢板；3—鱼尾板（垫板）；
4—安装螺栓（可开槽型孔）

9.3.2 钢板剪力墙与周边框架梁柱宜采用鱼尾板过渡连接（图 9.3.2），并应符合下列规定：

1 鱼尾板与钢板剪力墙先采用安装螺栓固定，鱼尾板上可开设水平或竖向槽孔，通过计算确定鱼尾板的厚度，且应考虑螺栓开孔的削弱；

2 鱼尾板与钢板剪力墙采用角焊缝连接，通过计算确定焊脚尺寸，且应满足内侧焊缝的施工可行性。

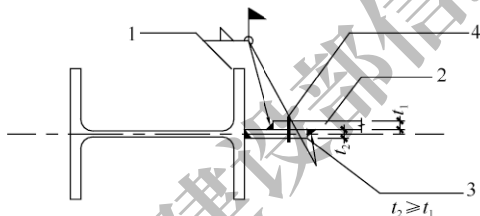


图9.3.2 与边缘构件用鱼尾板过渡的焊接连接示意

1—边缘构件；2—钢板剪力墙钢板；
3—鱼尾板（过渡连接）；4—安装螺栓（可开槽型孔）

9.3.3 与钢板剪力墙相连的钢梁腹板厚度不应小于钢板剪力墙厚度；当钢板剪力墙贯穿楼层时，钢梁翼缘可采用加劲肋代替，加劲肋截面不应小于所需钢梁截面。加劲肋与柱子的焊缝质量等级应与梁柱节点的焊缝质量等级一致。

9.3.4 加劲肋与钢板剪力墙的焊缝、横向加劲肋与柱的焊缝、横向加劲肋与竖向加劲肋的焊缝，可根据加劲肋的厚度选择双面角焊缝或坡口熔透焊缝，应达到与加劲肋等强，焊缝质量等级不宜低于二级。

9.4 构造要求

9.4.1 钢板剪力墙上开洞应符合下列规定：

1 钢板剪力墙上开设洞口的边长或直径不宜大于 700mm。当钢板剪力墙上开设单独洞口的边长或直径不大于 300mm 时可不作补强；当洞口的边长或直径大于 300mm 且不大于 700mm

时，应采取补强措施。

2 非加劲钢板剪力墙上开设洞口时，应避免拉力带区域。

3 加劲钢板剪力墙上开设洞口时，洞口应避免加劲肋。

4 防屈曲钢板剪力墙上开设洞口时，混凝土盖板应预留对应洞口，且应对盖板进行强度、刚度复核。设备管线穿过洞口的连接构造措施，应保证盖板与墙板自由滑动。

9.4.2 钢板剪力墙底脚构造应符合下列规定：

1 钢板剪力墙与基础的连接，可采用锚栓与分布式抗剪键组合使用、二次灌浆调平的连接形式，锚栓应承担墙底拉力，抗剪键应承担水平剪力，并应验算墙底及抗剪键连接处混凝土局部承压能力；

2 钢板剪力墙的墙脚底板厚度应通过计算确定，且不宜小于 20mm。

9.4.3 钢板剪力墙采用延迟安装方式时，现浇楼板处应预留钢板剪力墙的安装空间。周边楼板应根据施工期间的实际支承方式和荷载进行施工阶段验算。

10 防火与防腐

10.1 防火

10.1.1 钢板剪力墙的设计耐火极限不应低于现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016 的规定。非加劲钢板剪力墙、加劲钢板剪力墙、防屈曲钢板剪力墙、开缝钢板剪力墙的耐火极限可按梁的耐火极限确定。钢板组合剪力墙的耐火极限宜按柱的耐火极限确定。

10.1.2 钢板剪力墙应进行防火保护设计，可采用喷涂防火涂料、外包不燃材料等防火保护措施。

10.1.3 设计文件中应注明钢板剪力墙的设计耐火等级、设计耐火极限，以及防火保护措施及其防火保护材料的性能要求。

10.1.4 采用防火涂料时，钢板剪力墙与周边构件连接节点处的涂层厚度不应小于相邻构件的涂层厚度。

10.1.5 采用厚涂型防火涂料时，宜在涂层内设置与钢板剪力墙相连的钢丝网或采取其他措施。

10.1.6 防火涂料施工前钢板表面的除锈应符合现行国家标准《涂覆涂料前钢材表面处理》GB/T 8923 的规定。防火涂料涂装应分层施工，应在前一道涂层干燥或固化后进行后一道涂层施工。

10.1.7 防火保护采用外包不燃材料时，应采取保证不燃材料与钢板剪力墙牢固连接的措施。

10.2 防腐

10.2.1 钢板剪力墙的防腐设计及施工应符合现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017 和《钢结构工程施工规范》GB 50755 的有关规定。

10.2.2 钢板表面原始锈蚀等级和除锈等级应符合现行国家标准《涂覆涂料前钢材表面处理》GB/T 8923 的规定。除锈前应将钢板表面的焊渣、毛刺、块锈、油污等清除干净。表面采用喷射或抛射除锈，除锈等级不应低于 Sa2½ 级。局部难以进行喷射或抛射除锈时，可采用手动或动力工具除锈，除锈等级应达到 St3 级。

10.2.3 钢板表面除锈后，应及时涂刷底漆。表面除锈处理与涂装的间隔时间不宜超过 4h，在车间内作业或湿度较低的晴天不应超过 8h。不同涂层间的施工应有适当的重涂间隔时间，最大及最小重涂间隔时间应符合涂料性能要求。

10.2.4 钢板剪力墙涂装时的环境温度和相对湿度，应符合涂料产品性能要求。

10.2.5 钢板剪力墙防腐采用金属热喷涂时，喷涂方式及施工应符合现行国家标准《钢结构工程施工规范》GB 50755 的有关规定。

10.2.6 工地焊接部位的焊缝两侧宜留出暂不涂装区，宽度可为焊缝两侧各 100mm。焊缝两侧也可涂刷不影响焊接性能的车间底漆。焊接完毕后，对焊缝热影响区应按原涂装要求重新进行表面清理和涂装。

10.2.7 对长期有高温、高湿作用的局部环境，应采取隔护、通风、排湿等措施。围护结构的设计构造应避免钢板表面因热桥影响引起的结露或积潮。

11 制作与安装

11.1 一般规定

11.1.1 钢板剪力墙的制作安装应符合现行国家标准《钢结构工程施工规范》GB 50755 的有关规定。

11.1.2 在钢板剪力墙工程施工前，应编制制作、安装工艺文件。

11.2 制作

11.2.1 开缝钢板剪力墙钢板上开缝宜采用激光或等离子切割，切割起始位置应在缝高一半处，缝端部应圆弧过渡。

11.2.2 焊缝坡口切割宜整条一次性切割，中间有缺棱时，应采用匹配的焊材补焊并打磨。

11.2.3 钢板剪力墙的工厂焊接，宜采用焊接变形和收缩量小且焊接残余应力低的焊接工艺。

11.2.4 制作钢板剪力墙上螺栓孔时，宜与鱼尾板配合制孔或数控钻孔。

11.2.5 鱼尾板与夹板采用螺栓连接时，夹板可分段，且应符合设计要求。

11.2.6 钢板剪力墙单元组成部件宜分别组装、焊接，经检验合格后，再进行单元总装焊接。

11.2.7 钢板剪力墙运输过程中，宜采用专用胎架。

11.2.8 装卸车及吊装时，应采用牢固的绑扎方式，吊点设置宜选择保证钢板剪力墙变形最小的位置。

11.2.9 钢板剪力墙角部宜切割成圆角或倒角形式（图 11.2.9），圆切角半径或直角切角边长不应小于 35mm 和墙板厚度的较大值；鱼尾板与钢板剪力墙采用夹板连接时，连接夹板的拼接点应远离角部。

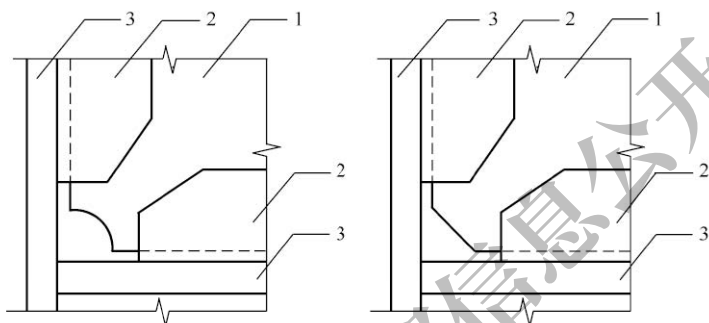


图 11.2.9 钢板剪力墙角部切割圆角或倒角形式示意

1—钢板剪力墙；2—鱼尾板（垫板）；3—边缘构件

11.3 安 装

11.3.1 当钢板剪力墙主要承受水平剪力、不承担竖向压力时，宜采用后固定法施工；当钢板剪力墙既承受水平剪力，又承担竖向压力时，可与结构框架同步施工。

11.3.2 钢板剪力墙进场后，宜集中堆放，且应符合下列规定：

- 1 应根据钢板剪力墙安装进度计划编制零部件进场计划；
- 2 剪力墙单元进场后应及时清理内部积水、污物；
- 3 零部件应按安装逆顺序堆放，中间加垫木，并交错堆放；
- 4 零部件堆放时，编号、标识应外露。

11.3.3 钢板剪力墙宜对称安装。

11.3.4 钢板剪力墙单元吊装就位后应采取临时固定措施。

11.3.5 钢板剪力墙施工过程中，应监测与钢板剪力墙相连框架梁的水平度和框架柱的垂直度。

11.3.6 同层内钢板剪力墙同时采用高强度螺栓和焊接连接时，应先进行高强度螺栓施工，再进行焊接施工。

11.3.7 钢板剪力墙的现场焊接应符合下列规定：

- 1 整体焊接时，竖向应自下而上焊接，平面上应以中心单元为基点，向两侧逐块焊接；

2 单个单元的焊接时，应先焊接立焊缝再焊接横焊缝；

3 钢板厚度大于 30mm 时，宜采用双面坡口焊缝，且横焊缝宜采用 K 形坡口焊缝，立焊缝宜采用 X 形坡口焊缝。

11.3.8 钢板剪力墙的焊缝变形控制措施应符合下列规定：

1 应控制焊接线能量输入和焊接坡口间隙；

2 宜采用分段焊或间断焊工艺；

3 可采用刚性固定法或增加约束度，也可采取反变形措施。

11.3.9 钢板剪力墙焊缝的端部、角部以及间距较小的焊缝和加劲肋焊缝，施焊时宜留应力释放孔。

11.3.10 钢板组合剪力墙的混凝土浇筑应符合下列规定：

1 应验算钢板组合剪力墙在混凝土浇筑过程中的承载力、变形和稳定性。

2 通气孔设置应符合设计要求；设计无要求时，宜在距离剪力墙上边缘 200mm 区域内，设置直径不小于 150mm 的通气孔。

3 观察口的设置应符合设计要求；设计无要求时，宜在剪力墙上部两角区域内，设置直径不小于 100mm 的观察口。

12 质量验收

12.1 一般规定

12.1.1 钢板剪力墙工程可按钢结构制作工程检验批的划分原则，划分为一个或若干个检验批。

12.1.2 钢板剪力墙制作和安装应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 的规定，并按本规程附录 E 的规定记录。

12.2 主控项目

12.2.1 钢板剪力墙构件加工外形尺寸的允许偏差应符合表 12.2.1 的规定。

检查数量：全数检查。

检验方法：用钢尺、直角尺、塞尺、拉线等检查。

表 12.2.1 钢板剪力墙构件外形尺寸主控项目的允许偏差

项 目		允许偏差 (mm)	
钢板剪力墙高度、宽度		± 4.0	
钢板剪力墙平面内对角线		± 4.0	
钢板剪力墙纵向、横向最外侧安装孔距离		± 3.0	
钢板剪力墙连接处	截面几何尺寸	± 3.0	
	平面度差	螺栓连接	± 1.0
		其他连接	± 3.0
钢板剪力墙弯曲矢高	受压	$h/1000$ ，且不应大于 10.0	

注：h 为单层墙的垂直高度。

12.2.2 钢板剪力墙安装允许偏差应符合表 12.2.2 的规定。

检查数量：按钢板墙数量抽查 10%，且不应少于 3 个单元。

检验方法：用全站仪或激光经纬仪和钢尺检查。

表 12.2.2 钢板剪力墙安装允许偏差

项 目	允许偏差 (mm)
定位轴线	1.0
单层垂直度	$h/250$ ，且不应大于 15.0
单层上端水平度	$(L/1000) + 3$ ，且不应大于 10.0
平面弯曲	$L(h)/1000$ ，且不应大于 10.0

注：平面弯曲水平方向取钢板剪力墙的宽度 L ，竖直方向取钢板剪力墙的垂直高度 h 。

12.3 一般项目

12.3.1 钢板剪力墙钢板拼接长度不应小于 1000mm，宽度不应小于 500mm，且单块钢板只允许一条拼接缝。钢板表面不得有凹凸不平、划痕等缺陷。

检查数量：全数检查。

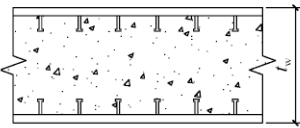
检验方法：观察和用钢尺检查。

12.3.2 钢板剪力墙构件外形尺寸一般项目的允许偏差应符合表 12.3.2 的规定。

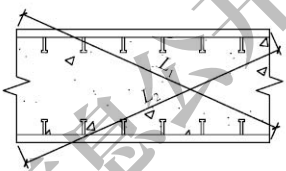
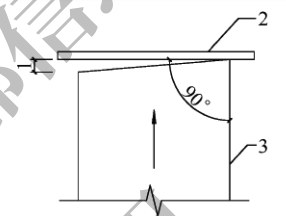
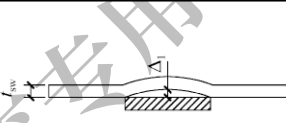
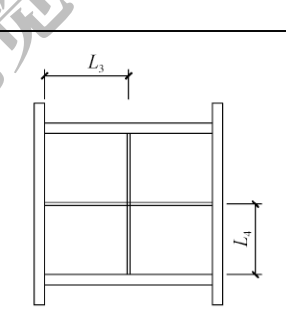
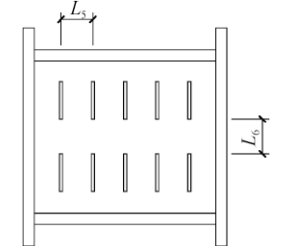
检查数量：按钢构件数抽查 10%，且不应少于 3 件。

检验方法：用钢尺、直角尺、塞尺、拉线等检查。

表 12.3.2 构件外形尺寸一般项目的允许偏差

项目	允许偏差 (mm)	检验方法	图 例
扭曲	$t_w/250$ 且不应大于 5.0	拉线、吊线和 钢尺检查	
截面 高度	组合截 面形式 $t_w < 500, \pm 2$; $500 < t_w \leq 1000, \pm 3$; $t_w > 1000, \pm 4$	用钢尺和 拉线检查	
	钢板 形式		
	钢板厚度及允许 偏差应符合产品 标准的要求		

续表 12.3.2

项目	允许偏差 (mm)	检验方法	图 例
构件截面连接处对角线差	3.0	用拉线、吊线和钢尺检查	
板件斜切	不应大于宽度的 1%，且不应大于 5.0	用直角尺和钢尺检查	
局部平整度	$t_{sw} < 14$, ± 3.0	用塞尺和钢尺检查	
	$t_{sw} \geq 14$, ± 2.0	用塞尺和钢尺检查	
加劲肋定位	± 5.0	用拉线、直角尺和钢尺检查	
狭缝相邻缝间距	± 3.0	用直角尺和钢尺检查	
狭缝定位	± 3.0		

续表 12.3.2

项目	允许偏差 (mm)	检验方法	图 例
栓钉定位	± 5.0	用拉线和 钢尺检查	

注: t_w —构件截面高度; L_1, L_2 —构件截面连接处对角线; 1—斜切; 2—直尺(线); 3—侧边; t_{sw} —剪力墙墙体单片钢板的厚度; Δ_1 —增量; L_3 —子板宽度; L_4 —子板高度; L_5 —相邻缝间距; L_6 —相邻缝纵向净间距; 箭头方向为轧制方向

附录 A 非加劲钢板剪力墙简化分析模型

A.1 四边连接非加劲钢板剪力墙简化分析模型

A.1.1 在结构整体分析中，四边连接非加劲钢板剪力墙可简化为混合杆系模型（图 A.1.1），采用一系列倾斜、正交杆代替非加劲钢板剪力墙，杆件分为只拉杆和拉压杆，杆件与竖直方向夹角取 45° ，单向倾斜杆数量不应少于 10。

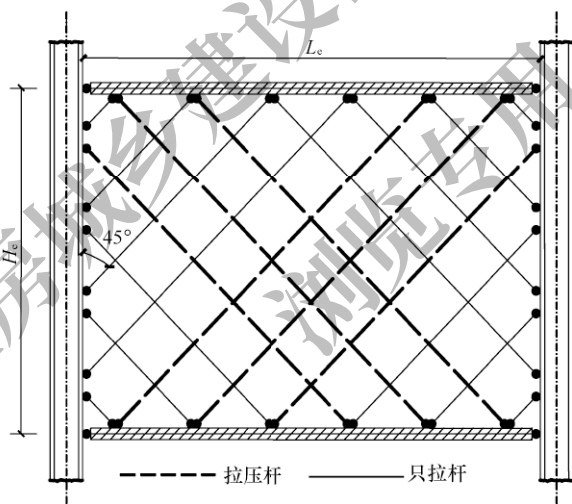


图 A.1.1 混合杆系模型

H_e —钢板剪力墙的净高度； L_e —钢板剪力墙的净跨度

A.1.2 混合杆系模型中各杆件截面面积应按下列各式计算：

$$A_1 = \frac{t_w \sqrt{L_e^2 + H_e^2}}{n_2} \cos[45^\circ - \tan^{-1}(H_e/L_e)] \quad (\text{A.1.2})$$

式中： t_w ——钢板剪力墙的厚度（mm）；

H_e ——钢板剪力墙的净高度（mm）；

n_2 ——单向倾斜杆数量。

A.1.3 混合杆系模型中只拉杆、拉压杆的弹性模量取钢材的弹性模量 E , 只拉杆屈服强度取钢材的抗拉强度设计值, 拉压杆屈服强度取钢材的抗剪强度设计值, 拉压杆和只拉杆数量的比值宜为 2 : 8。

A.2 两边连接非加劲钢板剪力墙简化分析模型

A.2.1 在结构整体分析中,两边连接非加劲钢板剪力墙可简化为交叉杆模型(图 A.2.1),模型中杆件为拉压杆,拉压杆的倾角 α 应按下式计算:

$$\alpha = \tan^{-1}(H_e/L_e) \quad (\text{A.2.1})$$

式中: L_e ——钢板剪力墙的净跨度 (mm);

H_e ——钢板剪力墙的净高度 (mm)。

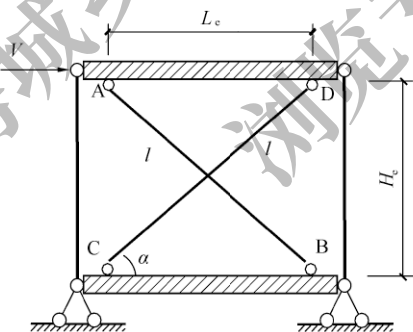


图 A.2.1 两边连接钢板剪力墙交叉杆模型

H_e —钢板剪力墙的净高度; L_e —钢板剪力墙的净跨度;

 α —拉压杆的倾角； l —拉压杆的长度

A.2.2 两边连接非加劲钢板剪力墙的水平剪切刚度 K 应按下列公式计算:

$$K = \gamma K_0 \quad (\text{A.2.2-1})$$

$$K_0 = \frac{E \cdot t_w}{1/(L_e/H_e)^3 + 2.4 \cdot (1+\nu)/(L_e/H_e)} \quad (\text{A. 2. 2-2})$$

$$\gamma = 0.014 \ln(L_e/H_e) - 0.118 \ln(\lambda) + 1.24 \quad (\text{A. 2. 2-3})$$

式中: γ ——钢板剪力墙的刚度折减系数;

K_0 ——钢板剪力墙初始剪切刚度 (N/mm²);

E ——钢材的弹性模量 (N/mm²);

ν ——钢材的泊松比, 通常取 0.3。

A. 2. 3 交叉杆模型中拉压杆的应力-应变关系曲线 (图 A. 2. 3)
可按下列公式计算:

$$A_1 = \frac{K \cdot L_e \cdot \beta}{(1+\beta) \cdot E \cdot \cos^3 \alpha} \quad (\text{A. 2. 3-1})$$

$$\sigma_{y1} = \frac{V_y \cdot E \cdot \cos^2 \alpha}{K \cdot L_e} \quad (\text{A. 2. 3-2})$$

$$V_y = [0.18 \ln(L_e/H_e) - 0.065 \ln(\lambda) + 0.77] f_v t_w L_e \quad (\text{A. 2. 3-3})$$

$$\sigma_{y2} = \frac{\sigma_{y1}}{\beta} \quad (\text{A. 2. 3-4})$$

$$\sigma_{u1} = \frac{V_u \cdot E \cdot \cos^2 \alpha}{K \cdot L_e} \quad (\text{A. 2. 3-5})$$

$$\sigma_{u2} = \frac{\sigma_{u1}}{\beta} \quad (\text{A. 2. 3-6})$$

$$\epsilon_{y1} = \epsilon_{y2} = \frac{\Delta_y \cdot \cos^2 \alpha}{L_e} \quad (\text{A. 2. 3-7})$$

$$\epsilon_{u1} = \epsilon_{u2} = \frac{\Delta_u \cdot \cos^2 \alpha}{L_e} \quad (\text{A. 2. 3-8})$$

$$\Delta_y = V_y / K \quad (\text{A. 2. 3-9})$$

$$\Delta_u = V_y / K + (V_u - V_y) / 0.1K \quad (\text{A. 2. 3-10})$$

$$\beta = (0.03\lambda - 2.28) \cdot L/H + 0.70 \quad (\text{A. 2. 3-11})$$

$$E_{s1} = E \quad (\text{A. 2. 3-12})$$

$$E_{s2} = E_{s1} / \beta \quad (\text{A. 2. 3-13})$$

$$E_{t1} = \frac{\sigma_{u1} - \sigma_{y1}}{\epsilon_{u1} - \epsilon_{y1}} \quad (\text{A. 2. 3-14})$$

$$E_{t2} = \frac{E_{t1}}{\beta} \quad (\text{A. 2. 3-15})$$

式中： A_1 ——单向杆的截面面积 (mm^2)；

σ_{y1} ——非加劲钢板剪力墙简化模型中杆受拉时屈服强度 (N/mm^2)；

σ_{y2} ——非加劲钢板剪力墙简化模型中杆受压时屈服强度 (N/mm^2)；

σ_{u1} ——杆受拉时的极限抗拉强度 (N/mm^2)；

σ_{u2} ——杆受压时的极限抗压强度 (N/mm^2)；

ϵ_{y1} ——杆受拉时的屈服应变；

ϵ_{y2} ——杆受压时的屈服应变；

ϵ_{u1} ——杆受拉达到极限抗拉强度时对应应变；

ϵ_{u2} ——杆受压达到极限抗压强度时对应应变；

β ——杆拉压强度比，计算时不考虑拉压强度的正负号。

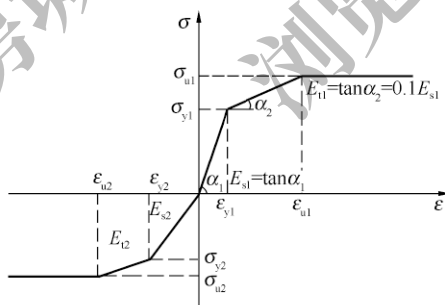


图 A. 2. 3 拉压杆的应力-应变关系曲线

附录 B 钢板剪力墙边缘柱的变轴力等效系数 η_e

B.0.1 钢板剪力墙边缘柱的变轴力等效系数 η_e ，按表 B.0.1 采用。

表 B.0.1 钢板剪力墙边缘柱的变轴力等效系数 η_e

$K_1 \backslash K_2$	0	0.05	0.2	0.5	1	3	5	8	≥ 10
0	0.598	0.768	0.777	0.794	0.818	0.878	0.904	0.918	0.92
0.05	0.597	0.767	0.776	0.792	0.816	0.876	0.902	0.916	0.918
0.2	0.595	0.762	0.771	0.787	0.811	0.87	0.896	0.91	0.912
0.5	0.591	0.753	0.762	0.778	0.8	0.858	0.884	0.898	0.9
1	0.584	0.738	0.746	0.761	0.783	0.839	0.864	0.877	0.879
3	0.557	0.676	0.683	0.695	0.714	0.761	0.784	0.796	0.799
5	0.53	0.615	0.62	0.63	0.644	0.683	0.703	0.715	0.718
8	0.488	0.523	0.526	0.531	0.54	0.567	0.582	0.593	0.598
≥ 10	0.461	0.461	0.463	0.466	0.47	0.489	0.502	0.512	0.517

注：表中系数 η_e 应按下列公式计算：

柱底刚接时：

$$\eta_e = 0.461 \quad (K_1 = 0) \quad (\text{B.0.1-1})$$

$$\eta_e = 2.71K_1^{0.03} - 2.04K_1^{0.02} - 0.21 \quad (0 < K_1 \leq 1) \quad (\text{B.0.1-2})$$

$$\eta_e = 1.01K_1^{-0.04} - 2.04K_1^{-0.04} + 1.7K_1^{-0.02} - 0.21K_1^{-0.1} \quad (1 < K_1 \leq 10) \quad (\text{B.0.1-3})$$

柱底铰接时：

$$\eta_e = 0.598 \quad (K_1 = 0) \quad (\text{B.0.1-4})$$

$$\eta_e = 0.038e^{-0.28K_1} - 0.18 \times 0.69^{K_1} + 0.907 \quad (K_1 \neq 0) \quad (\text{B.0.1-5})$$

式中：e——自然常数；

K_1 ——柱上端横梁线刚度之和与柱线刚度之比；

B.0.2 柱端横梁线刚度之和与柱线刚度之比的计算应符合下列

规定：

1 当 K_1 、 K_2 大于 10 时，取 K_1 、 K_2 等于 10 进行计算。当横梁远端铰接时，应将横梁线刚度乘以 1.5；当横梁远端嵌固时，应将横梁线刚度乘以 2。

2 当横梁与柱铰接时，应取横梁线刚度为 0。

3 当与柱刚性连接的横梁所受轴压力 N_b 较大时，横梁线刚度应乘以折减系数 α_N ，折减系数 α_N 应按下列公式计算：

当横梁远端与柱刚接和横梁远端铰接时：

$$\alpha_N = 1 - N_b / N_{Eb} \quad (\text{B. 0. 2-1})$$

当横梁远端嵌固时：

$$\alpha_N = 1 - N_b / (2N_{Eb}) \quad (\text{B. 0. 2-2})$$

$$N_{Eb} = \pi^2 EI_b / L_b^2 \quad (\text{B. 0. 2-3})$$

式中： I_b ——边缘梁截面惯性矩 (mm^4)；

L_b ——梁跨度 (mm)。

附录 C 设置加劲钢板剪力墙的弹性 剪切屈曲临界应力

C.1 仅设置竖向加劲钢板剪力墙

C.1.1 参数 η_y 、 η_{crh} 应符合下列公式规定：

$$\eta_y = \frac{EI_{\text{sy}}}{Dl_1} \quad (\text{C.1.1-1})$$

$$\eta_{\text{crh}} = 6\eta_k(7\beta^2 - 5) \geq 10 \quad (\text{C.1.1-2})$$

$$\eta_k = 0.42 + \frac{0.58}{[1 + 5.42(J_{\text{sy}}/I_{\text{sy}})^{2.6}]^{0.77}} \quad (\text{C.1.1-3})$$

$$0.8 \leq \beta = \frac{H_e}{l_1} \leq 5 \quad (\text{C.1.1-4})$$

式中： E ——钢材的弹性模量 (N/mm^2)；

I_{sy} ——竖直方向加劲肋的截面惯性矩 (mm^4)，可考虑加劲肋与钢板剪力墙有效宽度组合截面，单侧钢板剪力墙的有效宽度取 15 倍的钢板厚度；

D ——单位宽度钢板剪力墙的弯曲刚度 ($\text{N} \cdot \text{mm}$)，按本规程式 (5.2.1-5) 计算；

l_1 ——钢板剪力墙区格宽度 (mm)；

H_e ——钢板剪力墙的净高度 (mm)；

J_{sy} ——竖向加劲肋自由扭转常数。

C.1.2 当 $\eta_y \geq \eta_{\text{crh}}$ 时，弹性剪切屈曲临界应力 τ_{cr} 应按下列公式计算：

$$\tau_{\text{cr}} = \tau_{\text{crp}} \quad (\text{C.1.2-1})$$

$$\tau_{\text{crp}} = k_{\text{cp}} \frac{\pi^2 D}{l_1^2 t_w} \quad (\text{C.1.2-2})$$

当 $\frac{H_e}{l_1} \geq 1$ 时：

$$k_{\text{cp}} = \chi \left[5.34 + \frac{4}{(H_e/l_1)^2} \right] \quad (\text{C.1.2-3})$$

当 $\frac{H_e}{l_1} < 1$ 时:

$$k_{\text{cp}} = \chi \left[4 + \frac{5.34}{(l_1/H_e)^2} \right] \quad (\text{C.1.2-4})$$

式中: τ_{cp} ——钢板剪力墙小区格的剪切屈曲临界应力 (N/mm^2);

t_w ——钢板剪力墙的厚度 (mm);

χ ——采用闭口加劲肋时取 1.23, 开口加劲肋时取 1.0。

C.1.3 当 $\eta_y < \eta_{\text{yth}}$ 时, 弹性剪切屈曲临界应力 τ_{cr} 应按下列公式计算:

$$\tau_{\text{cr}} = k_{\text{ss}} \frac{\pi^2 D}{l_1^2 t_w} \quad (\text{C.1.3-1})$$

$$k_{\text{ss}} = k_{\text{ss0}} \left(\frac{l_1}{L_e} \right)^2 + \left[k_{\text{cp}} - k_{\text{ss0}} \left(\frac{l_1}{L_e} \right)^2 \right] \left(\frac{\eta_y}{\eta_{\text{yth}}} \right)^{0.6} \quad (\text{C.1.3-2})$$

当 $\frac{H_e}{L_e} \geq 1$ 时:

$$k_{\text{ss0}} = 6.5 + \frac{5}{(H_e/L_e)^2} \quad (\text{C.1.3-3})$$

当 $\frac{H_e}{L_e} < 1$ 时:

$$k_{\text{ss0}} = 5 + \frac{6.5}{(L_e/H_e)^2} \quad (\text{C.1.3-4})$$

式中: L_e ——钢板剪力墙的净跨度 (mm)。

C.2 仅设置水平加劲钢板剪力墙

C.2.1 参数 η_x 、 η_{yth} 应符合下列公式规定:

$$\eta_x = \frac{EI_{\text{sx}}}{Dh_1} \quad (\text{C.2.1-1})$$

$$\eta_{\text{yth}} \geq 5 \quad (\text{C.2.1-2})$$

$$\eta_{\text{rth,h}} = 6\eta_{\text{h}}(7\beta_{\text{h}}^2 - 4) \quad (\text{C. 2. 1-3})$$

$$\eta_{\text{h}} = 0.42 + \frac{0.58}{[1 + 5.42 (J_{\text{sx}}/I_{\text{sx}})^{2.6}]^{0.77}} \quad (\text{C. 2. 1-4})$$

$$0.8 \leq \beta_{\text{h}} \leq 5 \quad (\text{C. 2. 1-5})$$

$$\beta_{\text{h}} = \frac{L_{\text{e}}}{h_1} \quad (\text{C. 2. 1-6})$$

式中: I_{sx} ——水平方向加劲肋的截面惯性矩, 可考虑加劲肋与钢板剪力墙有效宽度组合截面, 单侧钢板剪力墙的有效宽度取 15 倍的钢板厚度 (mm^4);

h_1 ——钢板剪力墙区格高度 (mm);

J_{sx} ——水平加劲肋自由扭转常数。

C. 2. 2 当 $\eta_{\text{x}} \geq \eta_{\text{rth,h}}$ 时, 弹性剪切屈曲临界应力 τ_{cr} 应按下列公式计算:

$$\tau_{\text{cr}} = \tau_{\text{crp}} \quad (\text{C. 2. 2-1})$$

$$\tau_{\text{crp}} = k_{\text{rp}} \frac{\pi^2 D}{L_{\text{e}}^2 t_{\text{w}}} \quad (\text{C. 2. 2-2})$$

当 $\frac{h_1}{L_{\text{e}}} \geq 1$ 时:

$$k_{\text{rp}} = \chi \left[5.34 + \frac{4}{(h_1/L_{\text{e}})^2} \right] \quad (\text{C. 2. 2-3})$$

当 $\frac{h_1}{L_{\text{e}}} < 1$ 时:

$$k_{\text{rp}} = \chi \left[4 + \frac{5.34}{(L_{\text{e}}/h_1)^2} \right] \quad (\text{C. 2. 2-4})$$

C. 2. 3 当 $\eta_{\text{x}} < \eta_{\text{rth,h}}$ 时, 弹性剪切屈曲临界应力 τ_{cr} 应按下列公式计算:

$$\tau_{\text{cr}} = k_{\text{ss}} \frac{\pi^2 D}{L_{\text{e}}^2 t_{\text{w}}} \quad (\text{C. 2. 3-1})$$

$$k_{\text{ss}} = k_{\text{ss0}} + [k_{\text{rp}} - k_{\text{ss0}}] \left(\frac{\eta_{\text{x}}}{\eta_{\text{rth,h}}} \right)^{0.6} \quad (\text{C. 2. 3-2})$$

式中: k_{ss0} ——参数, 按式 (C. 1. 3-3)、式 (C. 1. 3-4) 计算。

C.3 同时设置水平和竖向加劲钢板剪力墙

C.3.1 同时设置水平和竖向加劲钢板剪力墙（图 C.3.1），当加劲刚度不满足本规程第 5.2.1 条的要求时，弹性剪切屈曲临界应力 τ_{cr} 应符合下列公式规定：

$$\tau_{cr} \leq \tau_{crp} \quad (\text{C.3.1-1})$$

$$\tau_{cr} = \tau_{cr0} + (\tau_{crp} - \tau_{cr0}) \left(\frac{\eta_{av}}{33} \right)^{0.7} \quad (\text{C.3.1-2})$$

$$\eta_{av} = \sqrt{0.66 \frac{EI_{sx}}{Dl_1} \frac{EI_{sy}}{Dh_1}} \quad (\text{C.3.1-3})$$

式中： τ_{cr0} ——未加劲钢板剪力墙的剪切屈曲临界应力（N/mm²）。

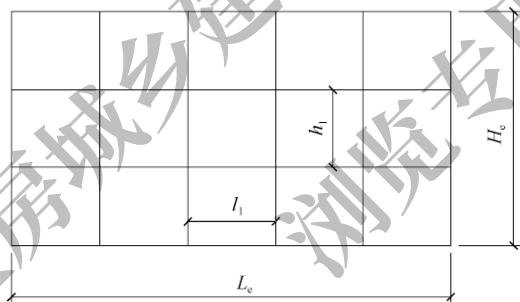


图 C.3.1 同时设置水平和竖向加劲钢板剪力墙

H_e —钢板剪力墙的净高度； L_e —钢板剪力墙的净跨度；

h_1 —钢板剪力墙区格高度； l_1 —钢板剪力墙区格宽度

附录 D 防屈曲钢板剪力墙简化分析模型

D.0.1 在结构整体分析中，四边连接防屈曲钢板剪力墙可简化为混合杆系模型（图 D.0.1），用一系列倾斜、正交杆代替防屈曲钢板剪力墙，杆条与竖直方向夹角取 45° ，单向倾斜的杆条数目不应小于 10 条，杆条中拉压杆和只拉杆数目比例应为 4:6。

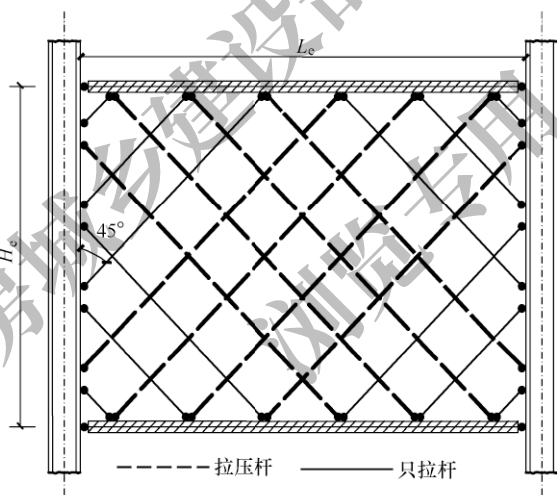


图 D.0.1 混合杆系模型

H_e —钢板剪力墙的净高度； L_e —钢板剪力墙的净跨度

D.0.2 只拉杆和拉压杆的弹性模量应取钢材的弹性模量，只拉杆强度应取钢材的抗拉强度设计值，拉压杆强度应取钢材抗剪强度设计值。

D.0.3 防屈曲钢板剪力墙简化模型中各杆条对应的截面面积应按下式计算：

$$A_1 = \frac{\sqrt{L_e^2 + H_e^2} \cdot t_w}{n_2} \cos[45^\circ - \tan^{-1}(H_e/L_e)] \quad (\text{D. 0.3})$$

式中: t_w ——钢板剪力墙的厚度 (mm);

H_e ——钢板剪力墙的净高度 (mm);

L_e ——钢板剪力墙的净跨度 (mm);

n_2 ——单向倾斜杆数量。

D. 0.4 在结构整体分析中, 两边连接防屈曲钢板剪力墙可简化为等效交叉杆模型 (图 D. 0.4), 模型中杆件为拉压杆, 拉压杆的倾角 α 应按下式计算:

$$\alpha = \tan^{-1}(H_e/L_e) \quad (\text{D. 0.4})$$

式中: L_e ——钢板剪力墙的净跨度 (mm);

H_e ——钢板剪力墙的净高度 (mm)。

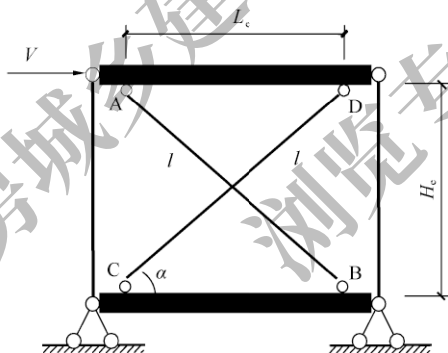


图 D. 0.4 两边连接防屈曲钢板剪力墙交叉杆模型

H_e ——钢板剪力墙的净高度; L_e ——钢板剪力墙的净跨度;

α ——拉压杆的倾角; l ——拉压杆的长度

D. 0.5 等效交叉杆模型拉压杆应力-应变关系见图 D. 0.5, 拉压杆截面面积 A_1 与屈服强度 σ_y 应按下列公式计算:

$$A_1 = \frac{K_0 \cdot L_e}{2E \cdot \cos^3 \alpha} \quad (\text{D. 0.5-1})$$

$$\sigma_y = \frac{V_u \cdot E \cdot \cos^2 \alpha}{K_0 \cdot L_e} \quad (\text{D. 0.5-2})$$

$$l = \frac{L_e}{\cos\alpha} \quad (\text{D. 0. 5-3})$$

式中: E —— 钢材的弹性模量 (N/mm^2);

A_1 —— 单向杆的截面面积 (mm^2);

σ_y —— 防屈曲钢板剪力墙简化模型中杆屈服强度 (N/mm^2);

l —— 等效拉压杆的长度 (mm);

V_u —— 钢板剪力墙的受剪承载力设计值 (N);

K_0 —— 钢板剪力墙初始剪切刚度 (N/mm), 按第 A. 2. 2 条公式计算。

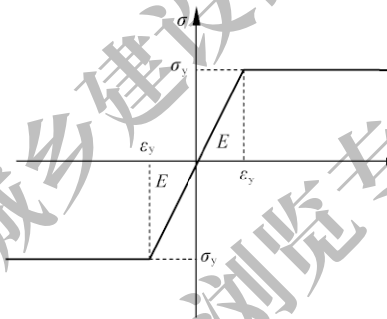


图 D. 0. 5 等效交叉杆模型拉压杆应力-应变关系曲线

附录 E 验收表格

E.0.1 钢板剪力墙加工制作检验批质量验收应按表 E.0.1 进行记录,并符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 的规定。

表 E.0.1 钢板剪力墙加工分项工程检验批质量验收记录

工程名称			检验批部位		
施工单位			项目经理		
监理单位			总监理工程师		
施工依据标准			分包单位负责人		
主控项目		合格质量标准 (按本规程)	施工单位检验 评定记录或结果	监理(建设)单位 验收记录或结果	备 注
1	材料进场	第 12.1.2 条			
2	钢材复验	第 12.1.2 条			
3	切面质量	第 12.1.2 条			
4	钢板对接	第 12.1.2 条			
5	矫正和成型	第 12.1.2 条			
6	边缘加工	第 12.1.2 条			
7	制孔	第 12.1.2 条			
一般项目		合格质量标准 (按本规程)	施工单位检验 评定记录或结果	监理(建设)单位 验收记录或结果	备 注
1	材料规格尺寸	第 12.1.2 条 第 12.3.1 条			
2	钢材表面质量	第 12.1.2 条 第 12.3.1 条			
3	切割精度	第 12.1.2 条			
4	矫正质量	第 12.1.2 条			
5	边缘加工精度	第 12.1.2 条			
6	制孔精度	第 12.1.2 条			
施工单位检验 评定结果		班组长 或专业工长 年 月 日 质检员 或项目技术负责人 年 月 日			
监理(建设)单位 验收结论		监理工程师(建设单位项目技术人员) 年 月 日			

E.0.2 钢板剪力墙组装分项工程检验批质量验收应按表 E.0.2 记录。

表 E.0.2 钢板剪力墙组装分项工程检验批质量验收记录

工程名称				检验批部位	
施工单位				项目经理	
监理单位				总监理工程师	
施工依据标准				分包单位负责人	
主控项目		合格质量标准 (按本规程)	施工单位检验 评定记录或结果	监理(建设)单位 验收记录或结果	备注
1	外形尺寸	第 12.2.1 条			
一般项目		合格质量标准 (按本规程)	施工单位检验 评定记录或结果	监理(建设)单位 验收记录或结果	备注
1	焊接组装精度	第 12.1.2 条			
2	轴线交点错位	第 12.1.2 条			
3	焊缝坡口精度	第 12.1.2 条			
4	外形尺寸	第 12.3.2 条			
施工单位检验 评定结果		班组长 或专业工长 年 月 日 质检员 或项目技术负责人 年 月 日			
监理(建设)单位 验收结论		监理工程师(建设单位项目技术人员) 年 月 日			

E.0.3 钢板剪力墙安装分项工程检验批质量验收应按表 E.0.3 记录。

表 E.0.3 钢板剪力墙安装分项工程检验批质量验收记录

工程名称				检验批部位	
施工单位				项目经理	
监理单位				总监理工程师	
施工依据标准				分包单位负责人	
主控项目		合格质量标准 (按本规程)	施工单位检验 评定记录或结果	监理(建设)单位 验收记录或结果	备注
1	基础验收	第 12.1.2 条			
2	构件验收	第 12.1.2 条			
3	钢柱安装精度	第 12.1.2 条			
4	垂直度和侧弯曲	第 12.2.2 条			
5	主体结构尺寸	第 12.2.1 条			
一般项目		合格质量标准 (按本规程)	施工单位检验 评定记录或结果	监理(建设)单位 验收记录或结果	备注
1	地脚螺栓精度	第 12.1.2 条			
2	标记	第 12.1.2 条			
3	构件安装精度	第 12.1.2 条			
4	主体结构高度	第 12.1.2 条			
5	现场组对精度	第 12.1.2 条			
6	结构表面	第 12.3.2 条			
施工单位检验 评定结果		班组长 或专业工长 年 月 日 质检员 或项目技术负责人 年 月 日			
监理(建设)单位 验收结论		监理工程师(建设单位项目技术人员) 年 月 日			

本规程用词说明

1 为便于在执行本规程条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先这样做的：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 1 《混凝土结构设计规范》GB 50010
- 2 《建筑抗震设计规范》GB 50011
- 3 《建筑设计防火规范》GB 50016
- 4 《钢结构设计规范》GB 50017
- 5 《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018
- 6 《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205
- 7 《钢结构焊接规范》GB 50661
- 8 《钢结构工程施工规范》GB 50755
- 9 《碳素结构钢》GB/T 700
- 10 《钢结构用高强度大六角头螺栓》GB/T 1228
- 11 《钢结构用高强度大六角螺母》GB/T 1229
- 12 《钢结构用高强度垫圈》GB/T 1230
- 13 《钢结构用高强度大六角头螺栓、大六角螺母、垫圈技术条件》GB/T 1231
- 14 《低合金高强度结构钢》GB/T 1591
- 15 《紧固件机械性能 螺栓、螺钉和螺柱》GB/T 3098.1
- 16 《紧固件公差 螺栓、螺钉、螺柱和螺母》GB/T 3103.1
- 17 《钢结构用扭剪型高强度螺栓连接副》GB/T 3632
- 18 《非合金钢及细晶粒钢焊条》GB/T 5117
- 19 《低合金钢焊条》GB/T 5118
- 20 《埋弧焊用碳素钢焊丝和焊剂》GB/T 5293
- 21 《六角头螺栓 C级》GB/T 5780
- 22 《六角头螺栓》GB/T 5782
- 23 《气体保护电弧焊用碳钢、低合金钢焊丝》GB/T 8110
- 24 《涂覆涂料前钢材表面处理》GB/T 8923

- 25 《碳钢药芯焊丝》GB/T 10045
- 26 《电弧螺柱焊用圆柱头焊钉》GB/T 10433
- 27 《埋弧焊用低合金钢焊丝和焊剂》GB/T 12470
- 28 《熔化焊用钢丝》GB/T 14957
- 29 《低合金钢药芯焊丝》GB/T 17493
- 30 《建筑结构用钢板》GB/T 19879
- 31 《建筑用低屈服强度钢板》GB/T 28905
- 32 《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3
- 33 《钢结构高强度螺栓连接技术规程》JGJ 82
- 34 《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99