UDC

中华人民共和国行业标准

JGJ/T xxx－201x

P　　备案号 J/T xxx－201x

钢框架内填墙板结构技术规程

Technical Specification for Steel Frames Filling with Concrete Wall

(征求意见稿)

201×－××－××发布　　201×－××－××实施

中华人民共和国住房和城乡建设部　发布

中华人民共和国行业标准

钢框架内填墙板结构技术规程

Technical Specification for Steel Frames Filling with Concrete Wall

JGJ/T xxx -201x

J×　-201×

批准部门：中华人民共和国住房和城乡建设部

施行日期：201×年×月×日

中国建筑工业出版社

201×　北京

前　　言

根据住建部《住房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，在广泛征求意见的基础上，编制本规程。

本规程的主要技术内容是：

。

本规程由住房和城乡建设部负责管理；由中国建筑标准设计研究院有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见和建议请寄送中国建筑标准设计研究院有限公司（地址：北京市海淀区首体南路9号主语国际2号楼，邮编：100048）。

本规程主编单位：中国建筑标准设计研究院有限公司

本规程参编单位：

本规程主要起草人员：

本规程主要审查人员：

目　次

1 总则.....1

2 术语和符号.....3

2.1 术语.....3

2.2 符号.....4

3 设计基本规定.....5

3.1 一般规定.....5

3.2 荷载效应.....6

3.3 抗震等级.....7

4 材料.....5

4.1 钢材.....5

4.2 混凝土和钢筋.....5

4.3 连接材料.....6

5 结构布置和结构分析.....8

5.1 一般规定.....8

5.2 结构体系、选型和布置.....8

5.3 结构分析模型与要求.....9

6 构件设计和刚度计算.....11

6.1 预制钢筋混凝土墙板.....11

6.2 现浇钢筋混凝土墙板.....19

6.3 带竖缝钢筋混凝土墙板.....22

7 节点设计与构造要求.....30

7.1 一般规定.....30

7.2 内填墙板跨的梁柱连接计算.....30

7.3 内填混凝土墙板与钢框架的连接计算.....32

7.4 墙板构造要求.....34

8 构件的加工制造与施工.....35

8.1 一般规定.....35

8.2 构件的加工制作和运输.....35

8.3 施工和安装.....36

9 钢结构防护.....38

9.1 一般规定.....38

9.2 防腐涂装.....38

9.3 防火涂装.....39

10 验收.....41

10.1 一般规定.....41

10.2 主控项目.....41

10.3 一般项目.....42
本规程用词说明.....44
引用标准名录.....45
条文说明.....47

Contents

1 General Provisions.....1
2 Terms and Symbols.....3
2.1 Terms.....3
2.2 Symbols.....4
3 Basic Requirement of Design.....5
3.1 General Requirement.....5
3.2 Load Effect.....6
3.3 Seismic Design Grades of Structural Members.....7
4 Materials.....5
4.1 Steels.....5
4.2 Concrete and Steel Reinforement.....5
4.3 Connecting Material.....6
5 Structural Arrangement and Structural Analysis.....8
5.1 General Requirement.....8
5.2 Structural Systems , Types and Arrangement.....8
5.3 Structural Analysis Models and Requirements.....9
6 Structural Members Design and Stiffness Calculation.....11
6.1 Precast Reinforced Concrete Wall.....11
6.2 Cast in Place Reinforced Concrete Wall.....19
6.3 Reinforced Concrete Wall with Slits.....22
7 Connection Design and Details.....30
7.1 General Requirement.....30
7.2 Calculation of Beam-Column Connection with Infilled Concrete Wall.....30
7.3 Connection Calculation of Infilled Concrete Wall and Steel Frame.....32
7.4 Details of Wall.....34
8 Manufacture and Construction of Components.....35
8.1 General Requirement.....35
8.2 Manufacture and Transportation of Components.....35
8.3 Construction and Installation.....36
9 Steel Structure Protection.....38
9.1 General Requirement.....38
9.2 Anticorrosive Coating.....38
9.3 Fire Proof Coating.....39
10 Acceptance.....41
10.1 General Requirement.....41
10.2 Dominant Item.....41
10.3 General Item.....42
Explanation of Wording in This Code.....44
List of Quoted Standards.....45
Addition:Explanation of Provisions.....47

1 总则

1.0.1 为了在多高层建筑中合理应用钢框架内填墙板结构，做到技术先进、安全适用、经济合理、确保质量，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于多高层钢框架内填预制或现浇钢筋混凝土剪力墙板、钢框架内填竖缝钢筋混凝土剪力墙板结构的设计、制作、安装、施工与验收。抗震设防烈度为 6 度至 9 度抗震设计的钢框架内填墙板结构，其适用的房屋最大高度和结构类型应符合本规程的有关规定。

本规程不适用于建造在危险地段以及发震断裂最小避让距离内的钢框架内填墙板结构。

1.0.3 本规程根据现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB50011、《钢结构设计规范》GB50017、《混凝土结构设计规范》GB50010 等规定的原则，结合钢框架内填墙板结构的特点制定。

1.0.4 钢框架内填墙板结构设计、制作、安装、施工与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 内填钢筋混凝土预制墙板 Precast infilled concrete wall

在工厂或现场预先制作的钢筋混凝土剪力墙。

2.1.2 带竖缝混凝土剪力墙 Reinforced concrete shear wall with slits

带有局部竖缝的钢筋混凝土墙板，通过竖缝段的弯剪屈服提供抗侧承载力，相比剪切破坏，具有较好延性。

2.1.3 钢框架内填墙板结构 Steel frame infilled with reinforced concrete walls

钢框架具有较好的延性和自恢复能力，预制混凝土墙板具有较大的抗侧刚度和合适的抗侧承载力，钢框架内填预制混凝土墙板，形成一类新的结构体系，墙板仅承受水平力。适合用于住宅等钢结构建筑。内填钢筋混凝土剪力墙也可以现浇。

2.1.4 界面抗剪键 interfacial shear connector

将内填剪力墙与钢框架的梁柱连接起来，使两者共同工作的零件。

2.1.5 剪切膜单元 membrane element with shear stiffness only

只承受剪力的单元，在整体模型中四个角点必须与梁柱构件相连。

2.1.6 拉压刚度折减的单元 membrane element with reduced axial stiffness

为了模拟剪力墙板仅少量参与承受竖向荷载和参与抗弯，对正常的各向同性的平面应力单元的物理矩阵中的两个相互垂直方向上的拉压刚度乘以小于 1 的折减系数，这样导得的平面应力单元。

2.1.7 自复位能力 self-centered capability

指在一定的变形范围内，地震作用过后整体结构恢复到原先位置的能力；钢筋混凝土构件（梁，竖缝墙）的试验表明，钢筋屈服前的混凝土内的开裂，在荷载卸除后，裂缝绝大部分自动闭合，即复位。内嵌于钢框架的混凝土剪力墙，钢框架又施加恢复力于墙板，复位能力更强。

2.1.8 暗柱、暗梁 vertical reinforcing cages and horizontal reinforcing cages around the headed studs in the edges of concrete wall to increase the strength and ductility of the headed studs

在混凝土墙板竖向、水平边缘按梁构造配筋形成对栓钉的封闭笼，提高栓钉的抗剪强度

和延性。

2.1.9 边缘构件 boundary elements

钢框架的梁、柱分别为内嵌钢筋混凝土墙板的水平、竖向边缘构件。

2.1.10 边缘加强带 strengthened boundary

为了保证在整个地震过程中，界面抗剪键（特指栓钉）均能够得到混凝土的良好的包裹作用，保证界面抗剪强度，对界面栓钉附近的混凝土增配钢筋和加密箍筋所形成的边缘带。

2.1.11 鱼尾板 fish plates

用于墙板与钢框架连接的钢板。

2.2 符号

2.2.1 作用及作用效应

G_i ——第 i 楼层重力荷载设计值；

G_j ——第 j 层的重力荷载代表值；

M ——内填墙板所承受的设计弯矩；

M_{pR} ——半刚性连接的塑性抗弯承载力；

N ——钢柱轴向压力设计值；

N_{l} ——缝间墙宽度传给钢梁腹板的竖向力；

$N_{\mathrm{t}}^{\mathrm{c}}$ ——单个栓钉抗拉承载力；

N_{v} ——栓钉所受设计剪力；

$N_{\mathrm{v}}^{\mathrm{c}}$ ——单个栓钉抗剪承载力设计值；

$\sum N_{\mathrm{v}}^{\mathrm{c}}$ ——角部加强板预埋在混凝土墙内栓钉提供的抗剪能力;

Q ——内填墙板承受的水平剪力；

R_{d} ——结构抗力；

S_{d} ——不考虑地震作用时，荷载组合的效应设计值；

S_{E} ——考虑多遇地震作用时，荷载和地震作用组合的效应设计值；

V ——剪力设计值；

V_{l} ——单肢缝间墙的剪力设计值；

$V_{\mathrm{b,FEM}}$ ——结构内力分析墙板采用不承担竖向荷载的剪切膜单元时框架梁的剪力；

V_{d} ——墙肢拼接竖缝抗剪承载力设计值；

$V_{\mathrm{EK}i}$ ——第 i 层对应于水平地震作用标准值的楼层剪力；

V_{Gv} ——重力产生的梁端剪力设计值；

V_h ——墙板－钢柱界面剪力；

V_j ——梁柱连接的竖向抗剪承载力；

V_{k} ——墙板剪切承载力标准值；

V_{s} ——剪力墙的水平剪力设计值；

V_{u1} ——单肢缝间墙弯曲破坏时最大抗剪承载力；

V_w ——内嵌墙水平抗剪承载力的标准值；

V_{y1} ——分缝间墙受拉纵筋屈服时的抗剪承载力;

2.2.2 材料性能及抗力

B_{l} ——缝间墙抗弯刚度；

EI_{b} ——钢梁抗弯刚度；

E_{c} ——混凝土弹性模量;

EJ_d ——结构一个主轴方向的弹性等效侧向刚度;

f ——弯筋的抗拉强度设计值；

f_{c} ——混凝土轴心抗压强度设计值；

f_{ck} ——混凝土抗压强度标准值；

f_{shyk} ——水平横向钢筋强度标准值

f_{t} ——混凝土抗拉强度设计值

f_{tk} ——混凝土抗拉强度标准值；

f_{v} ——梁腹板或加强板钢材的抗剪强度设计值；

f_{y} ——纵向受拉钢筋强度设计值；

f_{yb} ——钢梁钢材的屈服强度；

f_{yc} ——柱钢材的屈服强度；

f_{yk} ——纵向受拉钢筋强度标准值

f_{yv} ——钢筋抗拉强度设计值；

f_{yvk} ——水平钢筋抗拉强度标准值；

K_{0} ——半刚性连接的初始转动刚度；

K_{u} ——缝间墙达到弯曲最大承载力时墙板的整体抗侧移刚度；

K_{y} ——缝间墙纵筋屈服时墙板的整体抗侧移刚度；

2.2.3 几何参数

A_{c} ——抵抗剪力的混凝土截面积；

A_{g} ——墙板毛截面面积；

A_{s} ——缝间墙所配纵向受拉钢筋截面积；

A_{sh} ——配置在同一水平截面内的水平分布钢筋的全部截面面积；

A_{sv} ——配置在同一截面箍筋各肢的全部截面积；

a_{1} ——墙肢内受拉钢筋截面形心至缝间墙边缘的距离;

b ——墙板宽度

b_{v} ——梁柱节点部角部加强板的宽度；

c ——高强螺栓中心到连接件边缘的距离；

d_{0} ——高强螺栓孔径；

e_{w} ——高强螺栓中心到连接件或工字形梁腹板

H——房屋高度；

h——层间墙高度；

h_0——墙截面有效高度；

h_l——竖缝的高度；

h_{bw}——钢梁腹板的高度；

h_{sol}——实体墙部分的高度；

h_{v1}、h_{v2}——用于加强梁端截面抗剪强度的角部抗剪加强板的高度；

l_0——框架梁净跨；

l_1——竖缝墙墙肢的宽度；

l_{10}——单肢缝间墙的净宽；

L_b——钢梁跨度；

l_c——槽钢长度；

l_n——钢梁净跨度；

s——沿竖缝墙高度方向的箍筋间距；

s_v——水平分布钢筋的竖向间距；

t——墙板厚度；

t_{bw}——钢梁腹板厚度；

t_c——混凝土墙厚度；

t_v——梁柱节点角部加强板的厚度；

t_w——钢梁腹板厚度；

W_{pc}、W_{pb}——柱、梁截面塑性模量；

W_{pb}——梁端截面的塑性抗弯模量；

w_b——承受竖向力的腹板宽度；

x ——缝间墙缝根截面混凝土的受压区高度；

x_1 ——轴力最大连接件到中和轴的距离；

x_i ——第 i 个连接件到中和轴的距离；

Δu_e ——多遇地震作用标准值或风荷载标准值产生的侧移;

θ ——为层间侧移角；

2.2.4 计算系数及其他

C——结构或构件达到正常使用要求的变形容许值；

k_s ——竖向约束力对实体墙斜截面抗剪承载力影响系数；

n ——螺栓数量；

n_l ——墙肢的数量；

n_s ——钢梁与墙板连接栓钉的数量；

β ——增强系数；

γ ——抗剪栓钉抗拉强度最小值与屈服强度之比；

γ_0 ——结构重要性系数；

γ_{RE} ——剪力墙的承载力抗震调整系数；

ξ ——考虑剪切变形影响的刚度修正系数；

η ——强柱系数；

η_j ——超强系数；

η_v ——剪力设计值调整系数；

η_w ——超强系数；

λ ——剪力系数；

λ_s ——剪应力不均匀修正系数；

μ ——摩擦系数；

ρ ——缝间墙受拉纵向钢筋的配筋率；

ρ_1 ——截面配筋系数；

ρ_{sh} ——墙板水平横向钢筋配筋率；

ψ_1 ——栓钉在循环荷载作用下考虑疲劳影响的强度折减系数；

φ ——稳定系数；

3 设计基本规定

3.1 一般规定

3.1.1 钢框架内填墙板结构的安全等级和设计使用年限应符合现行国家标准《工程结构可靠性设计统一标准》GB50153 的规定。

3.1.2 钢框架内填墙板结构的抗震设防烈度必须按国家审批、颁发的文件确定。一般情况下，抗震设防烈度应采用根据中国地震动参数区划图确定的地震基本烈度。抗震设计的钢框架内填墙板结构，应按现行国家标准《建筑工程抗震设防分类标准》GB 50223 的规定确定其抗震设防类别。本规程中的甲类建筑、乙类建筑、丙类建筑分别为现行国家标准《建筑工程抗震设防分类标准》GB 50223 中的特殊设防类、重点设防类、标准设防类的简称。

3.1.3 钢框架内填墙板结构构件承载能力计算应满足下列公式要求：

不考虑地震作用时，$\gamma_0 S_{\mathrm{d}} \leqslant R_{\mathrm{d}}$ (3.1.3-1)

考虑多遇地震作用时，$S_{\mathrm{E}} \leqslant R_{\mathrm{d}} / \gamma_{\mathrm{RE}}$ (3.1.3-2)

式中：γ_0——结构重要性系数；

S_{d}——不考虑地震作用时，荷载组合的效应设计值；

S_{E}——考虑多遇地震作用时，荷载和地震作用组合的效应设计值；

R_{d}——结构抗力；

γ_{RE}——承载力抗震调整系数，按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB50011 的有关规定取值。

3.1.4 钢框架内填墙板结构构件正常使用极限状态的计算应满足下式要求：

$$S_{\mathrm{d}} \leqslant \mathrm{C} \qquad (3.1.4)$$

式中：C——结构或构件达到正常使用要求的变形容许值；

S_{d}——荷载组合的效应标准值。

3.1.5 按弹性方法计算的风荷载或多遇地震标准值作用下，钢框架内填墙板结构的层间弹性位移角限值宜符合表 3.1.5 的规定：

表 3.1.5 层间弹性位移角限值

内填墙板类型	层间位移角限值
现浇或预制钢筋混凝土墙	1/400
内填竖缝钢筋混凝土剪力墙	1/250

3.1.6 罕遇地震作用下，钢框架内填墙板结构的层间弹塑性位移角限值应符合表 3.1.6 的规定。

表 3.1.6 层间弹塑性位移角限值

内填墙板类型	罕遇地震作用
现浇或预制钢筋混凝土墙	1/70
内填竖缝钢筋混凝土剪力墙	1/50

3.1.7 钢框架内填墙板结构的整体稳定性应满足下列要求：

$$EJ_d \geq 1.0H^2\sum_{i=1}^{n}G_i \qquad (3.1.7\text{-}1)$$

式中：G_i——第 i 楼层重力荷载设计值(kN)，取 1.2 倍的永久荷载标准值和 1.4 倍的楼面可变荷载标准值的组合值；

H——房屋高度(mm)；

EJ_d——结构一个主轴方向的弹性等效侧向刚度(kNmm^2),可按照倒三角形分布荷载作用下结构顶点位移相等的原则，将结构的侧向刚度折算为竖向悬臂受弯构件的等效侧向刚度。

3.2 荷载效应

3.2.1 钢框架内填墙板结构的荷载标准值、荷载分项系数、荷载组合、组合值系数应符合现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB50009 的规定。

3.2.2 按承载能力极限状态设计时，应采用荷载的基本组合，荷载和材料强度均采用设计值。结构的承载能力应包括构件和连接的强度、结构和构件的稳定性。

3.2.3 正常使用极限状态设计应采用荷载的标准组合，采用荷载标准值 、组合值和变形容许值进行计算。

3.2.4 阻尼比在多遇地震作用计算时可取 0.04，在罕遇地震作用计算时可取 0.05。

3.2.5 结构按多遇地震进行抗震变形验算时，可不计入与风荷载效应的组合。进行罕遇地震

作用验算时，不应计入风荷载，其竖向荷载宜取重力荷载代表值。

3.2.6 当结构的质量和刚度的分布基本对称时，应允许沿结构的两个主轴方向分别计算水平地震作用，各方向的水平地震作用应由该方向抗侧力构件承担。

3.2.7 质量和刚度分布明显不对称的结构，应计算双向水平地震作用并计入扭转的影响。

3.2.8 钢框架内填墙板结构在多遇地震作用下任一楼层的水平地震剪力应符合下式要求：

$$V_{EKi} \geq \lambda \sum_{j=i}^{n} G_j \qquad (3.2.8)$$

式中：V_{EKi}——第 i 层对应于水平地震作用标准值的楼层剪力（kN）；

λ——剪力系数，按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的规定执行；

G_j——第 j 层的重力荷载代表值（kN）；

n——结构计算总层数。

3.2.9 抗震设防区的地震作用及抗震计算除应符合本规程外，尚应符合现行国家准《建筑抗震设计规范》GB50011 的规定。

3.3 抗震等级

3.3.1 钢框架内填墙板结构的抗震措施应分别符合现行国家标准《建筑工程抗震设防分类标准》GB50223 和《建筑抗震设计规范》GB50011 的有关规定。

3.3.2 当建筑场地为Ⅲ、Ⅳ类时，对设计基本地震加速度为 0.15g 和 0.30g 的地区，宜分别按抗震设防烈度 8 度（0.2g）和 9 度时各类建筑的要求采取抗震构造措施。

3.3.3 抗震设计时，钢框架内填墙板结构中的抗侧力梁柱构件应根据抗震设防分类、烈度和房屋高度采用不同的抗震等级，并应符合相应的计算和构造措施要求。丙类建筑中的抗侧力梁柱构件的抗震等级应与按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB50011 的有关规定确定的房屋抗震等级相同。对甲类建筑和房屋高度超过 50m，抗震设防烈度 9 度时的乙类建筑应采取更有效的抗震措施。墙板的抗震等级按表 3.3.3 确定，并符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB50011 关于剪力墙的抗震措施的有关规定。

表 3.3.3 墙板的抗震等级

内填墙板类型	建筑高度≤50m			建筑高度>50m		
	6	7	8	6	7	8
现浇或预制钢筋混凝土墙板	四	三	二	三	二	一
内填竖缝钢筋混凝土墙板	NA	NA	一	NA	一	一

注：NA---不推荐应用

4 材料

4.1 钢材

4.1.1 钢材的选用应综合考虑构件的重要性和荷载特征、结构形式和连接方法、应力状态、工作环境以及钢材品种和厚度等因素，合理地选用钢材牌号、质量等级及其性能要求，并应在设计文件中完整地注明对钢材的技术要求。

4.1.2 钢材的牌号和质量等级应符合下列规定：

1 主要承重构件所用钢材的牌号宜选用 Q345 钢、Q390 钢、Q235 钢，一般构件宜选用 Q345 钢，其材质和材料性能应分别符合现行国家标准《低合金高强度结构钢》GB/T 1591 或《碳素结构钢》GB/T 700 的规定。有依据时可选用更高强度级别的钢材。

2 主要承重构件所用较厚的板材宜选用高性能建筑用 GJ 钢板，其材质和材料性能应符合现行国家标准《建筑结构用钢板》GB/T 19879 的规定。

3 承重构件所用钢材的质量等级不宜低于 B 级；承重构件中厚度不小于 40mm 的受拉板件，当其工作温度低于-20℃时，宜适当提高其所用钢材的质量等级。

4.1.3 承重构件所用钢材应具有屈服强度、抗拉强度、伸长率等力学性能和冷弯试验的合格保证；同时尚应具有碳、硫、磷等化学成分的合格保证。焊接结构所用钢材尚应具有良好的焊接性能，其碳当量或焊接裂纹敏感性指数应符合设计要求或相关标准的规定。

4.1.4 钢框架梁、柱等构件参与抗侧力时，其钢材性能要求尚应符合国家现行标准《建筑抗震设计规范》GB50011 及《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ99 的有关规定。

4.1.5 钢结构楼盖采用压型钢板组合楼板时，宜采用闭口型压型钢板，其材质和材料性能应符合现行国家标准《建筑用压型钢板》GB/T 12755 的相关规定。

4.2 混凝土和钢筋

4.2.1 钢框架内填墙板结构宜采用高性能混凝土和 HRB335 及以上强度的高强钢筋。

4.2.2 墙板用混凝土强度等级均不应低于 C30，也不宜高于 C50，并应符合国家现行标准《混凝土结构设计规范》GB50010 的有关规定。

4.2.3 柱内力较大或抗震性能有较高要求时，宜采用钢管混凝土柱。采用钢管混凝土柱时，填充的混凝土强度等级不宜低于 C30。对 Q235 钢管柱，宜填充 C30 或 C40 级的混凝土；对 Q345 钢管柱，宜填充 C40 或 C50 级的混凝土，对 Q390 钢管柱，宜填充 C50 或 C60 级

的混凝土。楼板混凝土的强度等级宜采用 C30~C40。混凝土、钢筋的材料力学性能、强度标准值应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB50010 的规定。

4.2.4 结构中的受力钢筋及其性能应符合现行国家现行标准《混凝土结构设计规范》GB50010 的有关规定。内填墙板中的受力钢筋尚应符合下列规定：

1 钢筋的抗拉强度实测值与屈服强度实测值的比值不应小于 1.25；

2 钢筋的屈服强度实测值与名义屈服强度的比值不应大于 1.30；

3 钢筋最大拉力下的总伸长率实测值不应小于 9%。

4.3 连接材料

4.3.1 钢结构所用焊接材料的选用应符合下列规定：

1 手工焊焊条或自动焊焊丝和焊剂的性能应与构件钢材性能相匹配，其熔敷金属的力学性能不应低于母材的性能。当两种强度级别的钢材焊接时，宜选用与强度较低钢材相匹配的焊接材料。

2 焊条的材质和性能应符合现行国家标准《非合金钢及细晶粒钢焊条》GB/T 5117、《热强钢焊条》GB/T 5118 的有关规定。框架梁柱刚接节点的焊缝宜采用低氢型焊条。

3 焊丝的材质和性能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、《碳钢药芯焊丝》GB/T 10045 及《低合金钢药芯焊丝》GB/T 17493 的有关规定。

4 埋弧焊用焊丝和焊剂的材质和性能应符合现行国家标准《埋弧焊用碳钢焊丝和焊剂》GB/T 5293、《埋弧焊用低合金钢焊丝和焊剂》GB/T 12470 的有关规定。

4.3.2 钢结构所用螺栓紧固件材料的选用应符合下列规定：

1 普通螺栓宜采用 4.6 或 4.8 级 C 级螺栓，其性能与尺寸规格应符合现行国家标准《紧固件机械性能螺栓，螺钉和螺柱》GB/T3098.1、《六角头螺栓 C 级》GB/T 5780 和《六角头螺栓》GB/T 5782 的规定。

2 钢结构承重构件的高强度螺栓连接应采用摩擦型连接，其螺栓可选用大六角高强度螺栓或扭剪型高强度螺栓。高强度螺栓的材质、材料性能、级别和规格应分别符合现行国家标准《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螺栓、大六角螺母、垫圈技术条件》GB/T 1231 和《钢结构用扭剪型高强度螺栓连接副》GB/T 3632 的规定。

3 锚栓钢材可采用现行国家标准《碳素结构钢》GB/T 700 规定的 Q235 钢，《低合金高强度结构钢》GB/T 1591 中规定的 Q345 钢、Q390 钢材。

4.3.3 混凝土板和钢结构所用圆柱头焊钉（栓钉）连接件的材料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。其屈服强度不应小于 320N/mm^2，抗拉强度不应小于 400N/mm^2，伸长率不应小于 14%。

5 结构布置和结构分析

5.1 一般规定

5.1.1 钢框架内填墙板结构的建筑设计应根据抗震概念设计的要求明确建筑形体的规则性。不规则的建筑方案应按规定采取加强措施；特别不规则的建筑方案应进行专门研究和论证，采用特别的加强措施；严重不规则的建筑方案不应采用。

5.1.2 钢框架内填墙板结构应设计成双向抗侧力体系。抗震设计时，结构两主轴方向均应布置内填墙板。**梁与内填墙板的中线应重合**；框架梁、柱中心线之间有偏离时，应符合框架结构中梁、柱中心线的有关规定。

5.1.3 在钢框架内填墙板结构中，内填墙板的布置应遵循“均匀、分散、对称、周边”的原则。一般情况下，内填墙板宜布置在结构平面中平面形状变化较大的角隅部位、建筑物端部附近以及楼梯、电梯间。

5.1.4 在抗震设防的钢框架内填墙板结构中，内填墙板的平面布置宜规则、对称，竖向宜连续布置，避免刚度突变，并延伸至计算嵌固端。楼、电梯间等竖井的设置，宜尽量与其附近的框架或内填墙板的布置相结合，使之形成连续、完整的抗侧力结构。同一楼层同方向宜采用同一类型的内填墙板。在抗震设计时，内填墙板的布置宜使两个主轴方向的侧向刚度接近。

结构布置的规则性的判断，应按现行行业标准《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ99的有关规定执行。

5.1.5 宜避免在需要开洞的部位布置内填墙板；内填墙板开洞时，洞口宜上下对齐，且洞口高度不宜大于层高的 1/3。如同一跨内布置门洞，应注意门洞上部的连梁成为首先屈服的可能性，此时该部位的梁应按偏心支撑框架中的耗能连梁的要求设计。

5.2 结构体系、选型和布置

5.2.1 内填墙板可采用预制钢筋混凝土墙板、现浇钢筋混凝土墙板或带竖缝钢筋混凝土墙板。

采用现浇混凝土墙板时，钢框架的梁和柱与钢筋混凝土墙板之间可采用栓钉连接；采用预制混凝土墙板时，可预先在预制混凝土墙板周边预埋钢连接件，现场直接与钢框架的梁

和柱焊接或螺栓连接。

5.2.2 抗震设防烈度为 6 度至 9 度的乙类和丙类钢框架内填墙板结构适用的最大高度宜符合表 5.2.2 的规定。

表 5.2.2 高层民用建筑钢结构适用的最大高度(m)

内填墙板类型	6 度、7 度 (0.10g)	7 度 (0.15g)	8 度		9 度 (0.40g)
			(0.20g)	(0.30g)	
钢框架—钢筋混凝土墙板	180	160	140	120	80
钢框架—竖缝钢筋混凝土墙板	200	180	160	140	100

注：1 房屋高度指室外底面到主要屋面板板顶的高度（不包括局部突出屋顶部分）；

2 超过表内高度的房屋，应进行专门研究和论证，采取有效的加强措施；

3 框架柱包括全钢柱和钢管混凝土柱。

5.2.3 钢框架内填墙板结构的高宽比应符合现行行业标准《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99 的规定。

5.2.4 与内填墙板相邻钢框架的梁柱宜采用刚性连接，钢框架—内填墙板结构中与墙板相邻钢框架的梁柱也可采用半钢性连接。半刚性连接时，内填墙板与钢柱应通高布置抗剪键连接。普通钢框架应采用刚接连接。

5.2.5 内填混凝土墙板需要开洞时，洞口周边应布置加强钢筋。需要设置门洞等大的洞口时，洞口边的墙板在自由边需设置边缘构件。

5.2.6 当内填混凝土墙板尺寸较大需要分解成小尺寸墙板在现场进行拼接时，可将内置墙体的钢筋布置成双层，单个预制墙板在连接缝处将双侧钢筋预留出来，在缝隙处实施钢筋焊接后填充细石混凝土，使整片预制墙体成为一体。

5.2.7 内填墙板框架的框架梁和柱，应按照能够独立承担所有的重力荷载设计，包括墙体自重。内填钢筋混凝土剪力墙，宜采用后固定措施。

5.2.8 当墙板承受竖向荷载时，不应考虑竖向荷载对墙板抗剪承载力的有利影响。剪力墙板按照承受竖向荷载和未承受竖向荷载包络设计。

5.3 结构分析模型与要求

5.3.1 内填墙板钢框架结构，梁和柱可采用梁单元，混凝土墙板可采用平面单元。钢框架梁与柱之间采用半刚性连接时，可依据实际构造采用弹簧单元模拟。

5.3.2 钢框架内填墙板在分析模型中不宜承受竖向荷载，主要承担水平荷载。在建模分析时，将正常的各向同性的墙板的拉压刚度乘以 0.1 系数进行折减，而剪切刚度保持不变。也可以

采用纯剪切膜单元。

5.3.3 钢框架内填墙板结构的内力与变形计算可采用线弹性分析方法或考虑几何非线性的弹性分析方法。

5.3.4 钢框架内填墙板结构进行罕遇地震作用下的侧移验算时，可采用考虑几何非线性和材料非线性的弹塑性全过程分析方法。

5.3.5 不规则钢框架内填墙板结构应按下列要求进行水平地震作用计算和内力调整，并应对薄弱部位采取有效的抗震构造措施加强：

1 平面不规则而竖向规则的建筑，应采用空间结构计算模型，并应符合下列规定：

1）扭转不规则时，应计入扭转影响，在规定的水平力及偶然偏心作用下，楼层两端弹性水平位移（或层间位移）的最大值与其平均值的比值不宜大于 1.5，当最大层间位移角远小于规程限值时，可适当放宽。

2）凹凸不规则或楼板局部不连续时，应采用符合楼板平面内实际刚度变化的计算模型；高烈度或不规则程度较大时，宜计入楼板局部变形的影响。

3）平面不对称且凹凸不规则或局部不连续时，可根据实际情况分块计算扭转位移比，对扭转较大的部位应采用局部的内力增大。

2 平面规则而竖向不规则的建筑，应采用空间结构计算模型，侧向刚度不规则、竖向抗侧力构件不连续、楼层承载力突变的楼层，其对应于地震作用标准值的剪力应乘以不小于 1.15 的增大系数，应按本规程有关规定进行弹塑性变形分析，并应符合下列规定：

1）竖向抗侧力构件不连续时，该构件传递给水平转换构件的地震内力应根据烈度高低和水平转换构件的类型、受力情况、几何尺寸等，乘以 1.25~2.0 增大系数；

2）侧向刚度不规则时，相邻楼层的侧向刚度比符合现行行业标准《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ99 的有关规定；

3）楼层承载力突变时，薄弱层抗侧力结构的受剪承载力不应小于相邻上一层的 65%。

3 平面不规则且竖向不规则的建筑，应根据不规则类型的数量和程度，有针对性的采取不低于本条 1、2 款要求的各项抗震措施。特别不规则时，应经专门研究，采取更有效的加强措施或对薄弱部位采用相应的抗震性能化设计方法。抗震性能化设计方法可按现行行业标准高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ99 的有关规定执行。

6 构件设计和刚度计算

6.1 预制钢筋混凝土墙板

6.1.1 预制钢筋混凝土墙板宜与钢框架周边连接，也可只与钢梁连接与钢柱留有间隙。

6.1.2 矩形截面预制钢筋混凝土墙板的受剪截面应符合下列要求：

1 无地震作用组合时：

$$V \le 0.25\beta_c f_c t_c h \qquad (6.1.2\text{-}1)$$

2 有地震作用组合时：

$$V \le \frac{1}{\gamma_{RE}}(0.15\beta_c f_c t_c h) \qquad (6.1.2\text{-}2)$$

式中：V——剪力设计值；

β_c——混凝土强度影响系数，当混凝土强度等级不超过 C50 时，取 β_c=1.0；当混凝土强度等级为 C80 时，取 β_c=0.8；其间按线性内插法确定；

t_c——墙厚度；

h——墙截面高度；

f_c——混凝土轴心抗压强度设计值；

γ_{RE}——剪力墙的承载力抗震调整系数，取 γ_{RE}=0.85。

6.1.3 矩形截面预制钢筋混凝土墙板的斜截面受剪承载力应符合下列规定：

1 无地震作用组合时：

$$V \le 0.5 f_t t_c h_0 + f_{yv}\frac{A_{sh}}{s_v}h_0 \qquad (6.1.3\text{-}1)$$

2 有地震作用组合时：

$$V \le \frac{1}{\gamma_{RE}}(0.4 f_t t_c h_0 + 0.8 f_{yv}\frac{A_{sh}}{s_v}h_0) \qquad (6.1.3\text{-}2)$$

式中：A_{sh}——配置在同一水平截面内的水平分布钢筋的全部截面面积；

s_v——水平分布钢筋的竖向间距；

f_{yv}——钢筋抗拉强度设计值；

f_t——混凝土抗拉强度设计值；

h_0——墙截面有效高度；

γ_{RE}——剪力墙的承载力抗震调整系数，取 γ_{RE}=0.85。

6.1.4 预制钢筋混凝土墙板可水平方向分块，墙体拼接竖缝所受剪力 V_j 可按下式近似计算：

$$V_j = 1.2\frac{h}{b}V_s \qquad (6.1.4)$$

式中： V_s——剪力墙的水平剪力设计值；

h——墙板高度；

b——墙板宽度。

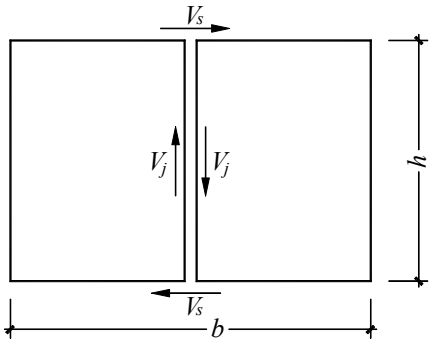


图 6.1.1.3 墙肢竖缝剪力

6.1.5 预制钢筋混凝土墙板拼接竖缝抗剪承载力应满足下式要求：

$$V_j \le V_d = 0.82\mu A_s f_y \le \min[0.25 f_c A_c, (2.5+0.1 f_c)A_c] \qquad (6.1.5)$$

式中：V_j——墙肢竖缝的设计剪力；

V_d——墙肢拼接竖缝抗剪承载力设计值；

A_s、f_y——分别为竖缝内横向钢筋的总截面积和抗拉强度设计值；

A_c——抵抗剪力的混凝土截面积；

f_c——混凝土抗压强度设计值；

μ——摩擦系数，当普通混凝土拼接界面做粗糙化处理，使其凹凸全幅度约为 8mm，拼缝内横向配筋沿剪切面均匀布置，并通过在两侧混凝土中的埋置长度、弯钩或焊接实现锚固，使钢筋能达到屈服强度时，μ=1.0；对在拼接表面未做

粗糙处理的已硬化混凝土上浇筑的普通混凝土 μ =0.6。

拼缝构造（图 6.1.5）的环状水平钢筋与两侧伸出的半环状水平钢筋应焊接，且满足受拉搭焊长度的要求。

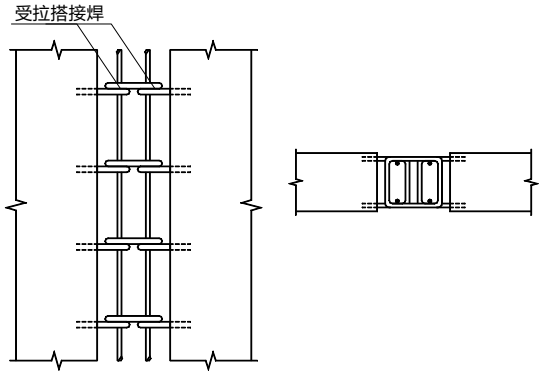


图 6.1.5 预制钢筋混凝土墙板拼接竖缝构造示意

6.1.6 为防止抗剪连接件使内填墙混凝土出现崩裂、侧面爆裂破坏，钢筋混凝土墙板，除下部与混凝土楼板整浇处，其余应设置边缘加强带,。边缘加强带的宽度（高度）为 200，边缘加强带内的纵筋和箍筋间距按本规程第 6.1.7 条确定。边缘加强带内尚应配置腰筋，大小不宜小于 2Φ10 （图 6.1.6）。同时箍筋间距不应大于栓钉间距，也不应大于钉杆埋入长度 h_{ef}（h_{ef} 为不计钉头高度）。纵筋和横向钢筋在端部应采用 U 形钢筋配筋，与边缘加强带钢筋相交处采用拉结钢筋。

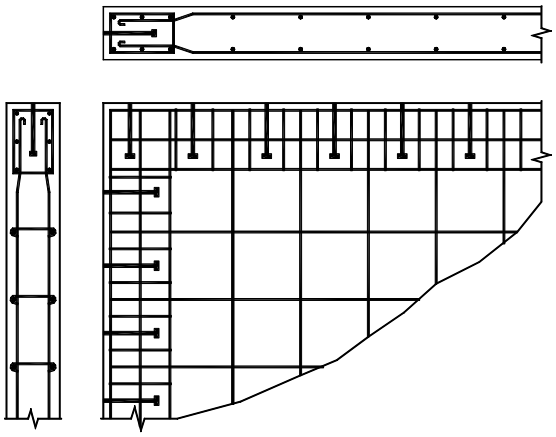


图 6.1.6 暗柱、暗梁构造

6.1.7 内填混凝土墙板的厚度，一、二级时不应小于 160mm，三、四级时不应小于 140mm，且不应小于层高的 1/25。

6.1.8 混凝土墙板竖向和水平分布钢筋应采用双层钢筋，水平和竖向分布钢筋的配筋率，一、二、三级时不应小于 0.25%，四级时不应小于 0.2%；分布筋的间距不应大于 300mm，直径不应小于 6mm，且不宜大于墙厚的 1/10。双层钢筋间拉筋的间距不应大于 600mm，直径不应小于 6mm。

6.1.9 当剪力设计值 V 不大于公式（6.1.3）右边第 1 项时，钢筋可构造配置，其要求应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB50010 的规定。

6.1.10 预制混凝土墙板开洞时，应在洞口边缘设置暗柱、暗梁，构造配筋应满足现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB50010 的要求。

6.1.11 内填预制钢筋混凝土墙板非线性分析的侧向荷载-位移关系曲线可按图（6.1.11）采用。对于线性分析，可取对应墙板屈服点的割线刚度。

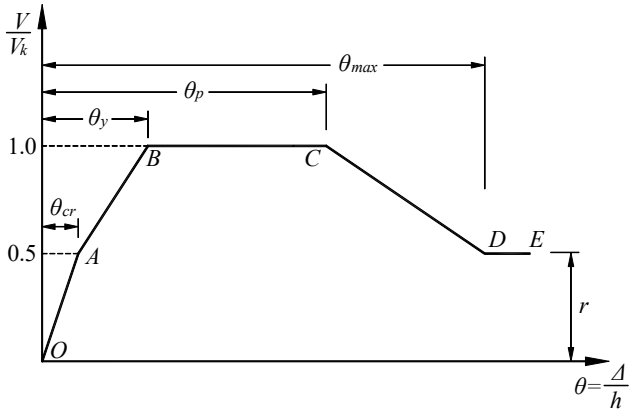


图 6.1.11 混凝土层间墙侧向荷载位移关系

图中：θ ——为层间侧移角；

A——为开裂点，对应剪切强度比 V/V_{k} =0.5，对应开裂层间侧移角 $\theta_{cr}=\dfrac{1}{1500}$；

B、C——分别为屈服点和强度开始劣化点，纵标为 $V/V_{\mathrm{k}}=1.0$；

θ_{y} ——为屈服侧移角，$\theta_{\mathrm{y}}=\dfrac{1}{500}$；

θ_{p} ——为剪切强度开始劣化的侧移角，$\theta_{\mathrm{p}}=\dfrac{1}{100}$；

θ_{max} ——为最大层间侧移角，$\theta_{\mathrm{max}}=\dfrac{1}{50}$；

r ——为残余强度比，一、二、三、四级抗震等级的分别取 0.8,0.7,0.6,0.5；

V_{k} ——为墙板剪切承载力标准值。

6.1.12 墙板剪切承载力标准值 V_{k}，应按下列公式计算：

1 无地震作用组合时：$V_{\mathrm{k}}=0.5f_{\mathrm{tk}}t_{\mathrm{c}}h_0+f_{\mathrm{yvk}}\dfrac{A_{\mathrm{sh}}}{s_{\mathrm{v}}}h_0$ （6.1.12-1）

2 有地震作用组合时：$V_{\mathrm{k}}=\dfrac{1}{\gamma_{\mathrm{RE}}}(0.4f_{\mathrm{tk}}t_{\mathrm{c}}h_0+0.8f_{\mathrm{yvk}}\dfrac{A_{\mathrm{sh}}}{s_{\mathrm{v}}}h_0)$ （6.1.12-2）

式中： A_{sh} ——配置在同一水平截面内的水平分布钢筋的全部截面面积；

s_{v} ——水平分布钢筋的竖向间距；

f_{yvk}——水平钢筋抗拉强度标准值；

f_{tk}——混凝土抗拉强度标准值；

t_c——混凝土墙厚度；

h_0——墙截面有效高度；

γ_{RE}——剪力墙的承载力抗震调整系数，取 γ_{RE}=0.85。

6.1.13 混凝土墙板未开裂剪切刚度可取为 0.8GA，开裂后剪切刚度可取为 0.4GA，G 取 $0.4E_c$，混凝土弹性模量 E_c 可按表 6.1.13 采用。

表 6.1.13 混凝土弹性模量（$\times 10^4\,\mathrm{N/mm^2}$）

混凝土强度等级	C15	C20	C25	C30	C35	C40	C45	C50
E_c	2.20	2.55	2.80	3.00	3.15	3.25	3.35	3.45

6.1.14 墙板的剪切层间弹性位移，应按下式计算：

$$\Delta u_e \le [\theta_e]h \quad ，[\theta_e]=1/500 \tag{6.1.14-1}$$

当 $V \le 0.5V_k$ 时，$\theta_e = V/k_1$，$k_1 = 0.32E_cA_g$

当 $0.5V_k < V \le V_k$ 时，$\theta_e = \theta_{cr} + (V - V_{cr})/k_2$，$k_2 = 0.16E_cA_g$

墙体开裂剪切强度 V_{cr}、开裂侧移角 θ_{cr} 按下式计算：

$$\theta_{cr} = \frac{V_{cr}}{0.8GA_g} = \frac{V_{cr}}{0.32E_cA_g} \tag{6.1.14-2}$$

$$V_{cr} = 0.5V_k \tag{6.1.14-3}$$

式中：Δu_e——多遇地震作用标准值或风荷载标准值产生的侧移；

h——层间墙高度；

A_g ——墙板毛截面面积=墙宽×墙板厚；

V_k——墙板剪切承载力标准值，按式（6.1.12-1）或（6.1.12-2）计算；

V——荷载标准值对应的墙板剪力；

E_c——混凝土弹性模量。

6.1.15 罕遇地震作用下，墙板的层间弹塑性位移应按下式计算：

$$\Delta u_p \le [\theta_p]h，\ [\theta_p]=1/80 \tag{6.1.15}$$

6.1.16 内填预制钢筋混凝土墙板的钢框架可采用刚接或半刚性连接，框架梁柱半刚性连接的初始转动刚度 K_0 及抗弯承载力宜满足式下列公式的要求：

$$K_0 \geq 13\frac{EI_b}{L_b} \qquad (6.1.16\text{-}1)$$

$$M_{PR} \geq 0.5W_{Pb}f_{yb} \qquad (6.1.16\text{-}2)$$

式中：K_0——为半刚性连接的初始转动刚度；

EI_b——为钢梁抗弯刚度；

L_b—为钢梁跨度；

M_{pR}—为半刚性连接的塑性抗弯承载力；

W_{pb}—为梁端截面的塑性抗弯模量；

f_{yb}—为钢梁钢材的屈服强度。

6.1.17 应根据构件的内力组合，按现行国家标准《钢结构设计规范》GB50017 对内填预制墙板的钢框架梁、柱进行强度验算。地震作用组合应考虑承载力抗震调整系数 γ_{RE}=0.8。由于钢梁中存在较大的剪力，应对其截面抗剪进行验算。

6.1.18 钢柱沿全长设连接板与预制墙板连接时，可不计算钢柱在墙板平面内的稳定，但需计算柱平面外的稳定；当柱与墙板不连接时需计算柱在平面内、外的稳定。

6.1.19 内填预制墙板钢框架结构柱的抗震承载力应满足现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB50011 关于强柱弱梁的要求。当框架梁柱采用半刚性连接时，应满足下式的要求：

$$\sum W_{pc}\left(f_{yc}-N/A_c\right)\geq\eta\sum 0.5\cdot W_{Pb}f_{yb} \qquad (6.1.19)$$

式中：W_{pc}、W_{pb}——分别为柱、梁截面塑性模量；

N——为钢柱轴向压力设计值；

A_c——为钢柱截面面积；

f_{yc}、f_{yb}——分别为柱、梁钢材的屈服强度；

η——强柱系数，一级取 1.15，二级取 1.10，三级取 1.05，四级取 1.0。

6.1.20 应按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB50011 的有关规定对内填预制墙板钢框架结构的梁柱节点域进行承载力和稳定验算。

6.1.20 内填墙板钢框架梁柱板件宽厚比限值应符合表 6.1.20 的规定：

表 6.1.20 内填墙周边梁柱板件宽厚比限值

板件名称		抗震等级			
		一级	二级	三级	四级
钢柱	工字形截面翼缘外伸部分 工字形截面腹板 箱型截面壁板	10 43 33	11 45 36	12 48 38	13 52 40
钢梁	工字形截面和箱型截面翼缘外伸部分	9	9	10	11
	箱型截面翼缘在两腹板之间部分	30	30	32	36
	工字形截面和箱型截面腹板	60	65	70	75
矩形钢管混凝土柱	壁板	50	55	60	60

注：表列数值适用于 Q235 钢，采用其它牌号钢材时，应乘以$(235/f_y)^{1/2}$。

6.1.21 当预制墙板与框架柱留有间隙、结构内力分析模型未反映出此间隙影响，梁端腹板除承受本身的设计剪力外，尚应承受墙板剪力引起的梁端剪力Q。如梁腹板抗剪强度不满足要求，应在梁端上下部位墙板与柱间设连接板传递部分剪力（图 6.1.21）。墙板剪力引起的梁端剪力 Q 按下式计算：

$$Q=V_s h / l_0 \qquad (6.1.21)$$

式中：V_s——为混凝土墙板设计水平剪力；

h——层高；

l_0——为框架梁净跨。

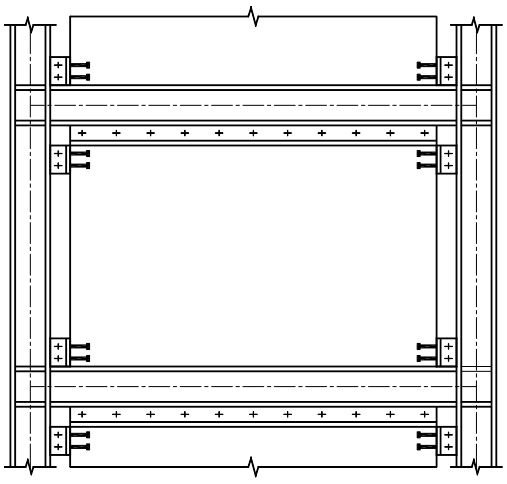


图 6.1.21 墙板与柱设连接板构造

6.1.22 预制墙板水平边缘板与混凝土应采用抗剪连接件连接。抗剪连接件可采用栓钉、短槽钢及 U 型筋等，应按传递 1.2 倍的设计水平剪力进行设计。

6.1.23 竖向连接板与水平边缘板、鱼尾板与梁之间可采用剖口焊缝连接，焊缝应能传递 1.2 倍的墙板设计剪力。

6.1.24 墙板竖向连接板与鱼尾板宜采用高强螺栓摩擦型连接，当混凝土墙连接板与边缘构件腹板不在同一平面内时，边缘构件应设腹板加劲肋。与钢梁相连的高强螺栓应按下式计算单个螺栓承受的剪力V_{h}：

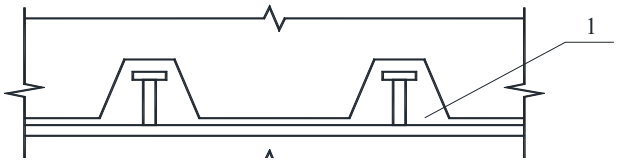
$$V_{\mathrm{h}}=1.2V_{\mathrm{s}}/n \tag{6.1.24}$$

式中：n——螺栓数量；

V_{s}——混凝土墙板设计剪力。

6.1.25 预制混凝土墙板与柱相连时，抗剪连接件布置可与梁相同。

6.1.26 墙板底部与钢梁的连接也可采用齿槽栓钉连接（图 6.1.26），栓钉应能传递 1.2 倍的墙板设计水平剪力。



1——钢筋混凝土

图 6.1.26 墙板底部与钢梁齿槽栓钉连接

6.1.27 墙板周边暗柱、暗梁配筋构造满足本规程第 6.1.1.5 条要求时，普通混凝土中单个焊接圆柱头栓钉的抗剪承载力可按下式计算：

$$N_{\mathrm{v}}^{\mathrm{c}}=0.43\psi_1 A_{\mathrm{s}}\sqrt{E_{\mathrm{c}}f_{\mathrm{c}}}\le 0.7\psi_1 A_{\mathrm{s}}\gamma f \tag{6.1.27}$$

式中：ψ_1——栓钉在循环荷载作用下考虑疲劳影响的强度折减系数，取 0.75；

A_s——栓钉横截面面积；

f——栓钉抗拉强度设计值；

γ——为抗剪栓钉抗拉强度最小值与屈服强度之比，当栓钉材料性能为 4.6 级时，取

$f=215(\mathrm{N/mm^2})$，γ=1.67；

E_{c}——混凝土弹性模量；

f_{c}——混凝土抗压强度设计值。

6.1.28 单个短槽钢连接件抗剪承载力可按下式计算：

$$N_{\mathrm{v}}^{\mathrm{c}}=\psi_1\cdot 0.26\left(t+0.5t_w\right)l_c\sqrt{E_c f_c} \tag{6.1.28}$$

式中：$N_{\mathrm{v}}^{\mathrm{c}}$——单个短槽钢连接件的抗剪承载力；

ψ_1——循环荷载下考虑疲劳影响的强度折减系数，取 0.75；

E_c——混凝土弹性模量；

f_c——混凝土抗压强度设计值；

t_w——槽钢腹板厚度；

t——槽钢翼缘平均厚度；

l_c——槽钢长度；

6.1.29 弯筋连接件抗剪承载力可按下式计算：

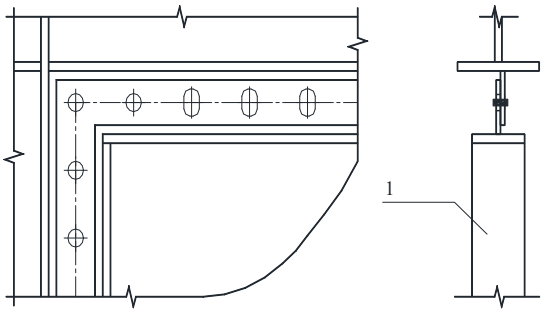
$$N_{\mathrm{v}}^{\mathrm{c}} = \psi_1 \, A_{\mathrm{s}} \, f \tag{6.1.29}$$

式中：A_{s}——弯筋的截面积；

f——弯筋的抗拉强度设计值；

ψ_1——循环荷载下考虑疲劳影响的强度折减系数，取 0.75。

6.1.30 预制钢筋混凝土墙板顶部与钢梁的鱼尾板采用高强螺栓连接时，除端部外宜开竖向椭圆孔，端部螺栓宜开圆孔（图 6.1.4.9）。钢梁与墙体底部采用高强螺栓连接时宜开圆孔。墙板与框架柱鱼尾板宜采用圆孔高强螺栓摩擦型连接。



1-预制墙板

图 6.1.30 墙板顶部与钢梁长圆孔螺栓连接

6.2 现浇钢筋混凝土墙板

6.2.1 现浇钢筋混凝土墙板周边宜与钢框架连接。

6.2.2 现浇钢筋混凝土墙板，当充分参与整体抗弯时，则应采取上下层的竖向配筋贯通的构造；如果上下层的竖向钢筋不贯通，则仅有有限的参与整体抗弯的能力，此时抗弯能力由梁上下翼缘上的栓钉抗拉来提供，在内力分析模型中，提供抗弯刚度的拉压刚度部分应乘以折减系数 0.1~0.2。

6.2.3 当竖向钢筋不贯通时，内嵌墙板跨的钢梁与钢柱应按照能够承担所有分配给该跨的重力荷载设计。

6.2.4 现浇钢筋混凝土墙板按不承受竖向荷载设计时，矩形截面现浇钢筋混凝土墙板的受剪截面及斜截面受剪承载力应符合本规程第 6.1.1 节的规定。

6.2.5 现浇混凝土墙板按承受竖向荷载设计时，受剪截面、斜截面受剪承载力、正截面承载

力应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB50010 的有关规定，地震作用组合应考虑承载力抗震调整系数 γ_{RE}=0.85。

6.2.6 现浇钢筋混凝土墙板周边应设暗柱、暗梁加强，配筋构造应符合本规程第 6.1 节的规定。

6.2.7 墙板竖向和水平分布钢筋应采用双层钢筋，墙板厚度、配筋应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB50010 的有关规定。

6.2.8 钢框架内填部分现浇混凝土墙或现浇混凝土墙开洞时，混凝土墙自由边应设置边缘钢构件。

6.2.9 现浇混凝土墙板的侧向荷载-位移关系曲线可按本规程第 6.1.11 条的规定采用。

6.2.10 **竖向钢筋上下贯通的，**未开裂墙板的弯曲刚度可取为 $0.8E_cI_g$，开裂后墙板的弯曲刚度可取为 $0.4E_cI_g$;开裂与未开裂墙板的轴向刚度均可取为 E_cA_g；E_c 为混凝土弹性模量；I_g 为忽略钢筋影响，混凝土毛截面对形心轴惯性矩； A_g 为墙板毛截面面积。对于线性分析，可取割线刚度。上下层竖向钢筋不贯通的，各刚度在上述规定基础上乘以 0.1~0.2 的折减系数。

6.2.11 墙板的层间弹性位移应按下式计算：

$$\Delta u_e \le [\theta_e]h \quad ，[\theta_e]=1/500 \qquad (6.2.11)$$

式中：Δu_e——多遇地震作用标准值或风荷载标准值产生的侧移；

h——层间墙高度。

6.2.12 罕遇地震作用下墙板的弹塑性层间位移应按下式计算：

$$\Delta u_p \le [\theta_p]h，\ [\theta_p]=1/80 \qquad (6.2.12)$$

6.2.13 内填现浇钢筋混凝土墙板的钢框架可采用刚接或半刚性连接。梁柱半刚性连接的初始转动刚度及抗弯承载力宜应满足本规程第 6.1.16 条的要求。

6.2.14 应根据构件的内力组合，按现行国家标准《钢结构设计规范》GB50017 对内填现浇钢筋混凝土墙板的钢框架梁、柱进行强度验算。地震作用组合应考虑承载力抗震调整系数 γ_{RE} 为 0.8。结构内力分析钢梁中存在较大剪力时，应对梁截面抗剪强度进行算。

6.2.15 钢框架柱与现浇钢筋混凝土墙板有抗剪连接时，可不验算柱在墙板平面内的整体稳定，但应验算柱平面外的整体稳定。

6.2.16 内填现浇钢筋混凝土墙板钢框架梁柱连接应满足现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB50011 关于强柱弱梁的要求，半刚性梁柱连接时应满足本规程第 6.1.19 条的规定。

6.2.17 应按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB50011 的有关规定对内填现浇钢筋混凝土墙板钢框架梁柱节点域进行承载力和稳定验算。

6.2.18 内填现浇钢筋混凝土墙板钢框架梁柱板件的宽厚比限值应符合本规程第 6.1.20 条的规定。

6.2.19 钢框架与内填墙之间应设置抗剪连接件。抗剪连接件可采用栓钉、型钢及 U 型锚筋等。

型钢连接件应在剪力墙平面内有较大的变形能力。

6.2.20 墙板不承受竖向荷载时，与钢梁相连的水平抗剪连接件应能传递 1.2 倍的墙板设计水平剪力，与柱相连的抗剪连接件布置可取与梁相同。

6.2.21 墙板承受竖向荷载时，与钢梁相连的水平抗剪连接件除传递 1.2 倍的墙板设计水平剪力外，尚应能传递墙板设计弯矩所产生的轴向拉力。弯矩作用下连接件拉力计算假定（图 6.2.21）为：（1）中和轴位于受压侧内填墙边缘处；（2）连接件所受轴力大小与其距中和轴距离成正比。

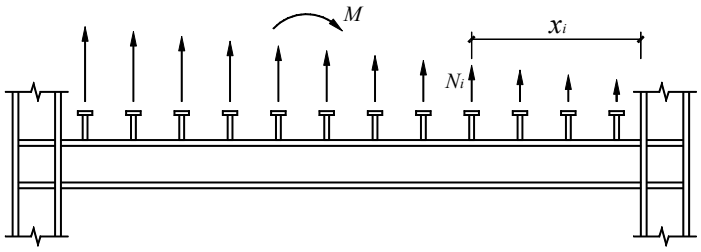


图 6.2.21 连接件轴力分布

连接件的轴力设计最大值可按下式计算：

$$N_{\mathrm{t}}^{1}=\frac{1.2M\cdot x_{1}}{\sum x_{\mathrm{i}}^{2}} \tag{6.2.21}$$

式中：M ——内填墙板所承受的设计弯矩；

x_{i} ——为第 i 个连接件到中和轴的距离；

x_{1} ——为轴力最大连接件到中和轴的距离。

6.2.22 墙板周边暗柱、暗梁配筋构造满足本规程第 6.1.6 条要求时，普通混凝土中单个焊接圆柱头栓钉的抗剪承载力可按本规程第 6.1.27 条的规定计算，单个栓钉的抗拉及拉剪组合承载力可按下列公式计算：

单个栓钉抗拉承载力：$N_{\mathrm{t}}^{\mathrm{c}}=0.8\psi_{1}A_{\mathrm{s}}\gamma f$；（6.2.22-1）

单个栓钉拉、剪组合承载力：$(\frac{N_{\mathrm{t}}}{N_{\mathrm{t}}^{\mathrm{c}}})^{(\frac{5}{3})}+(\frac{N_{\mathrm{v}}}{N_{\mathrm{v}}^{\mathrm{c}}})^{(\frac{5}{3})}\leq 1$（6.2.22-2）

式中：ψ_{1} ——栓钉在循环荷载作用下考虑疲劳影响的强度折减系数，取 0.75；

A_{s} ——栓钉截面面积；

f ——栓钉抗拉强度设计值；

γ ——为栓钉抗拉强度最小值与屈服强度之比，当栓钉材料性能为 4.6 级时，取

$f=215(\mathrm{N/mm^2})$，γ=1.67；

N_t——为栓钉所受设计拉力；

N_v——为栓钉所受设计剪力；

N_t^c——为单个栓钉抗拉承载力；

N_v^c——为单个栓钉抗剪承载力。

6.3 带竖缝钢筋混凝土墙板

6.3.1 带竖缝钢筋混凝土墙板应按承受水平荷载，不应承受竖向荷载的原则进行设计。

6.3.2 带竖缝混凝土墙板的几何尺寸可按下列要求确定（图 6.3.2）：

1 墙板总尺寸l、h按建筑和结构设计要求确定；

2 竖缝的数量及尺寸应满足下列要求：

$$h_1 \le 0.45h_0 \tag{6.3.2-1}$$

$$0.6 \ge l_1/h_1 \ge 0.4 \tag{6.3.2-2}$$

$$h_{sol} \ge l_1 \tag{6.3.2-3}$$

式中：h_0——每层混凝土剪力墙的净高度；

h_1——竖缝的高度；

h_{sol}——实体墙部分的高度；

l_1——竖缝墙墙肢的宽度，包括缝宽。

3 墙板厚度t应满足下列要求：

$$t \ge \frac{\eta_v V_1}{0.18(l_{10}-a_1)f_c} \tag{6.3.2-4}$$

$$t \ge \frac{\eta_v V_1}{k_s l_{10} f_c} \tag{6.3.2-5}$$

$$k_s = \frac{0.9\lambda_s(l_{10}/h_1)}{0.81+(l_{10}/h_1)^2\left[h_0/(h_0-h_1)\right]^2} \tag{6.3.2-6}$$

$$\lambda_s = 0.8(n_1-1)/n_1 \tag{6.3.2-7}$$

式中：k_s——竖向约束力对实体墙斜截面抗剪承载力影响系数；

η_v——剪力设计值调整系数，取 1.2；

f_c——混凝土抗压强度设计值；

λ_s——剪应力不均匀修正系数；

n_1——墙肢的数量；

V_1——单肢缝间墙的剪力设计值；

l_{10}——单肢缝间墙的净宽，$l_{10}=l_1-$缝宽，缝宽一般取为 10mm；

a_1——墙肢内受拉钢筋截面形心至缝间墙边缘的距离。

4 内嵌竖缝墙板的框架梁柱节点应上下扩大加强（图 6.3.2）

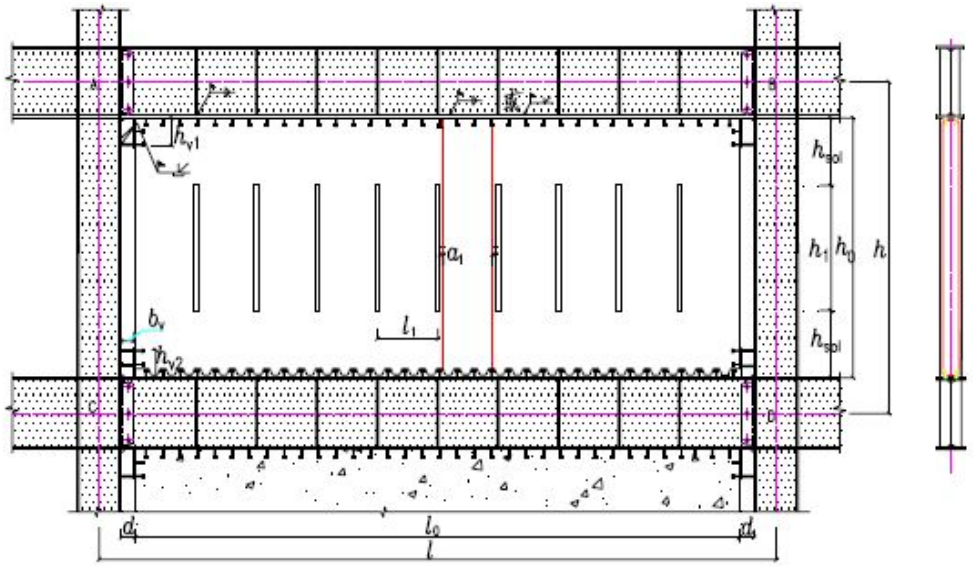


图 6.3.2 竖缝剪力墙板结构的外形

6.3.3 墙板混凝土强度等级不应低于 C20，也不应高于 C35。

6.3.4 形成竖缝的填充材料宜用延性好、易滑移的耐火材料（如两片石棉板）。

6.3.5 本规程中墙板的承载力以单肢缝间墙及在相应范围内的实体墙作为计算对象。

6.3.6 缝间墙两侧的纵向钢筋应按对称配筋大偏心受压构件计算确定，且应符合下列规定。

1 缝根截面内力按下列公式计算：

$$M=V_1h_1/2 \tag{6.3.6-1}$$

$$N_1=0.9V_1h_1/l_1 \tag{6.3.6-2}$$

$$\rho_1=\frac{A_s}{t(l_{10}-a_1)}\cdot\frac{f_y}{f_c} \tag{6.3.6-3}$$

式中，：V_1-单肢缝间墙设计剪力；

f_y——缝间墙纵向钢筋抗拉强度设计值；

A_s——缝间墙所配纵向受拉钢筋截面积；

f_c——混凝土抗压强度设计值。

2 ρ_1宜控制在 0.075~0.185 之间，且实配钢筋面积不应超过计算所需面积的 5%。

6.3.7 缝间墙斜截面受剪承载力应符合下式要求

$$V_1 \le V_s = \frac{\frac{1.75}{\lambda+1} f_t t(l_{10}-a_1) + f_{yv}\frac{A_{sv}}{s}(l_{10}-a_1)}{1-0.063h_1/l_{10}} \qquad (6.3.7)$$

式中：λ——偏心受压构件计算截面的剪跨比，$\lambda = h_1/l_{10}$；

s——沿竖缝墙高度方向的箍筋间距；

A_{sv}——配置在同一截面箍筋各肢的全部截面积；

f_{yv}——箍筋抗拉强度设计值；

f_t——混凝土抗拉强度设计值。

6.3.8 缝间墙弯曲破坏时的最大抗剪承载力V_b应满足下列公式要求：

$$V_1 \le V_b = 1.1txf_c.l_{10}/h_1 \qquad (6.3.8\text{-}1)$$

$$x = -B + \sqrt{B^2 + \frac{2A_s f_y(l_{10}-2a_1)}{tf_c}} \qquad (6.3.8\text{-}2)$$

$$B = \frac{l_1}{18} + 0.003h_0 \qquad (6.3.8\text{-}3)$$

式中：x——缝间墙缝根截面混凝土受压区高度；

A_s——缝间墙所配纵向受拉钢筋截面面积；

f_y——纵向受拉钢筋强度设计值；

f_c——混凝土抗压强度设计值。

6.3.9 竖缝墙与梁连接边应设暗梁（图 6.1.6）加强，配筋构造要求同 6.1 节。

6.3.10 竖缝墙的配筋及其构造应满足下式要求：

$$V_b \le 0.9V_s \qquad (6.3.10)$$

6.3.11 墙肢中水平横向钢筋配置应满足下列公式要求：

$$\text{当}\ \eta_v V_1 / V_{y1} < 1\ \text{时，}\ \rho_{sh} \le 0.65 \frac{V_{y1}}{t l_1 f_{shyk}} \qquad (6.3.11\text{-}1)$$

$$\text{当}\ 1 \le \eta_v V_1 / V_{y1} \le 1.2\ \text{时，}\ \rho_{sh} \le 0.60 \frac{V_{u1}}{t l_1 f_{shyk}} \qquad (6.3.11\text{-}2)$$

$$\rho_{sh} = \frac{A_{sh}}{ts} \qquad (6.3.11\text{-}3)$$

式中：s ——横向钢筋间距；

A_{sh} ——同一高度处水平横向钢筋总截面积；

f_{shyk} ——水平横向钢筋强度标准值；

V_{y1}、V_{u1} ——分别为缝间墙受拉纵筋屈服时的抗剪承载力和缝间墙弯曲破坏时的抗剪承载力，按本规程式（6.3.26-1）和式（6.3.27-1）计算；

ρ_{sh} ——墙板水平横向钢筋配筋率，其值不宜小于 0.3%。

6.3.12 缝两端实体墙中应配置横向钢筋，其数量不应低于缝间墙一侧的纵向钢筋用量。

6.3.13 内填带竖缝墙板的钢框架梁柱应采用刚性连接。

6.3.14 内填带竖缝墙板钢框架的梁、柱强度计算应满足本规程第 6.1.3 节的要求。

6.3.15 当柱与墙板不连接时应计算柱在平面内、外的稳定。

6.3.16 内填带竖缝墙板钢框架的钢梁梁端截面腹板和上下加强板共同抵抗的梁端剪力应按下式计算：

$$V_{beam} = \frac{h}{l_n} V + V_{b,FEM} \qquad (6.3.16)$$

式中：V ——竖缝墙板承担的总剪力；

$V_{b,FEM}$ ——结构内力分析墙板采用不承担竖向荷载的剪切膜单元时框架梁的剪力；

l_n ——钢梁净跨度。

6.3.17 内填竖缝墙板钢框架梁柱连接应满足现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB50011 关于强柱弱梁的要求。

6.3.18 应按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB50011 的有关规定对内填竖缝墙板钢框架的梁柱节点域进行承载力和稳定验算。

6.3.19 内填竖缝墙板钢框架的梁柱板件宽厚比限值应符合本规程第 6.1.3.6 条的规定。

6.3.20 内填竖缝墙板钢框架的梁柱连接和梁腹板的抗剪强度应满足下列公式要求：

$$Q_{\mathrm{u}}=h_{\mathrm{bw}}t_{\mathrm{bw}}f_{\mathrm{v}}+Q_{\mathrm{v}}\geq\beta\frac{\sum_{i=1}^{n_1}V_{\mathrm{u1}}h}{l_{\mathrm{n}}}\qquad（6.3.20\text{-}1）$$

$$Q_{\mathrm{v}}=\min\left[(h_{\mathrm{v1}}+h_{\mathrm{v2}})t_{\mathrm{v}}f_{\mathrm{v}},\sum N_{\mathrm{v}}^{\mathrm{c}}\right]\qquad（6.3.20\text{-}2）$$

式中：h_{bw}、t_{bw}——分别为钢梁腹板的高度和厚度；

f_{v}——梁腹板或加强板钢材的抗剪强度设计值；

β——增强系数，梁柱连接抗剪强度计算时取 1.2，梁腹板抗剪强度计算时取 1.0；

V_{u1}——单肢缝间墙弯曲破坏时最大抗剪承载力，按（6.3.4.3-1）式计算；

h_{v1}、h_{v2}——如图 6.3.20 所示用于加强梁端截面抗剪强度的角部抗剪加强板的高度；

t_{v}——角部加强板的厚度；

l_{n}——钢梁净跨度；

n_1——墙肢的数量；

$\sum N_{\mathrm{v}}^{\mathrm{c}}$——角部加强板预埋在混凝土墙内栓钉提供的抗剪能力。

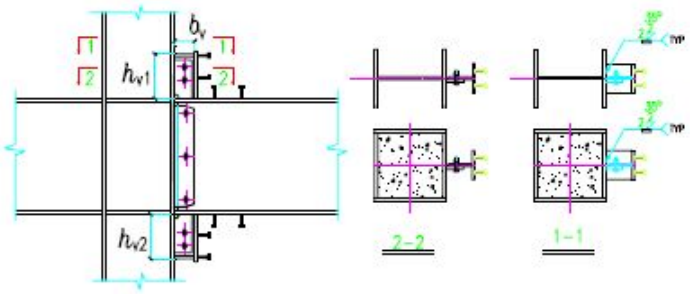


图 6.3.20 梁柱节点角部抗剪加强板

6.3.21 内填竖缝墙板钢框架的梁腹板在竖缝墙膨胀力挤压下的稳定计算应符合下式要求：

$$N_1\leq\varphi w_{\mathrm{b}}t_{\mathrm{w}}f\qquad（6.3.21）$$

当不满足式（6.3.21）要求时，应设置梁腹板横向加劲肋，每片缝间墙对应位置至少设置 1 道加劲肋。

式中：N_1——缝间墙宽度l_1传给钢梁腹板的竖向力，按（6.3.2.2-2）式计算；

φ——稳定系数，按现行国家标准《钢结构设计规范》GB50017 的柱子稳定系数 b 曲线计算，采用蜂窝梁时长细比 $\lambda=0.7\sqrt{3}\ h_{\mathrm{w}}/t_{\mathrm{w}}$，采用实腹梁时长细比 $\lambda=\sqrt{3}\ h_{\mathrm{w}}/t_{\mathrm{w}}$；

w_b——承受竖向力 N_1 的腹板宽度，对蜂窝梁取墩腰处的最小截面，对实腹梁取 l_1；

t_w——钢梁腹板厚度；

f——梁腹板钢材抗压强度设计值。

6.3.22 钢梁与竖缝墙可采用栓钉连接，钢梁与墙板连接栓钉的数量 n_s、梁柱节点下部抗剪加强板截面应满足下式要求：

$$1.2V \le n_s N_v^c + b_v t_v f_v \qquad (6.3.22)$$

式中：V —墙板设计剪力；

n_s -钢梁与墙板连接栓钉的数量；

N_v^c -单个栓钉抗剪承载力设计值；

b_v -梁柱节点部角部加强板的宽度；

t_v -梁柱节点角部加强板的厚度；

f_v -加强板钢材抗剪强度设计值。

6.3.23 预制竖缝墙板与顶部、底部框架梁连接可采用栓钉，也可采用与预制实体墙板相同的构造，栓钉、焊缝、高强螺栓应能传递 1.2 倍的墙板设计剪力。高强螺栓应按摩擦型设计，墙板顶部与梁连接的高强螺栓除端部外宜采用竖向椭圆孔，端部及梁柱节点角部抗剪加强板的高强螺栓应采用圆孔。

6.3.23 当竖缝墙较宽，影响运输或吊装时，可以设置竖向拼接缝，拼接缝两侧采用预埋钢板，钢板厚度不应小于 16mm，现场焊接连成整体（图 6.3.23）。

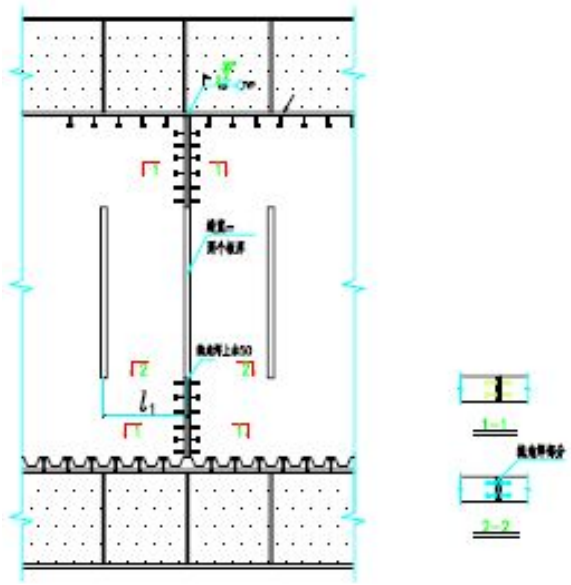


图 6.3.23　设置竖向拼缝的构造要求

1-缝宽等于 2 个预埋板厚；2-绕角焊缝 50mm 长度

6.3.24 竖缝墙暗梁配筋构造满足本规程第 6.1.1.5 条要求时，单个栓钉抗剪承载力可按本规程式（6.1.4.6）计算。

6.3.25 墙板的$V-u$曲线可按图 6.3.25 采用。

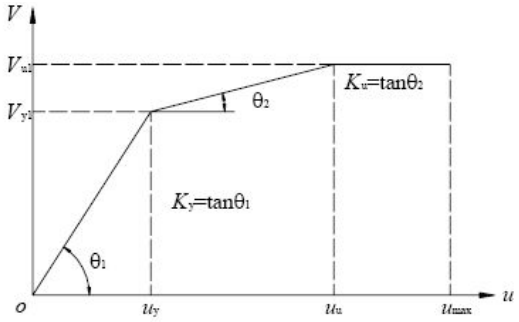


图 6.3.25 墙板$V-u$曲线

6.3.26 缝间墙纵筋屈服时的受剪承载力V_{y1}和墙板的整体侧移u_y可按下列公式计算：

$$V_{y1}=\mu.\frac{l_1}{h_1}.A_s f_{yk} \qquad (6.3.26\text{-}1)$$

$$u_y=V_{y1}/K_y \qquad (6.3.26\text{-}2)$$

$$K_y=12.B_1/(\xi h_1^3) \qquad (6.3.26\text{-}3)$$

$$\xi=\left[35\rho_1+20(\frac{l_1-a_1}{h_1})^2\right](\frac{h-h_1}{h})^2 \qquad (6.3.26\text{-}4)$$

$$B_1=\frac{E_s A_s(l_1-a_1)^2}{1.35+6(E_s/E_c)\rho} \qquad (6.3.26\text{-}5)$$

$$\rho=\frac{A_s}{t(l_{10}-a_1)} \qquad (6.3.26\text{-}6)$$

式中：μ——系数，按表 6.3.26 采用；

A_s——缝间墙受拉纵筋截面面积；

f_{yk}——缝间墙受拉钢筋强度标准值；

K_y——缝间墙纵筋屈服时墙板的整体抗侧移刚度；

ξ——考虑剪切变形影响的刚度修正系数；

B_1——缝间墙抗弯刚度；

ρ——缝间墙受拉纵向钢筋的配筋率；

t——墙板厚度。

表 6.3.26 μ 系数值

a_1	μ
$0.05l_1$	3.67
$0.10l_1$	3.41
$0.15l_1$	3.2

6.3.27 缝间墙弯曲破坏时的最大抗剪承载力V_{u1}和墙板的整体最大侧移u_u可按下列公式计算：

$$V_{u1}=1.1txf_{ck}l_1/h_1 \tag{6.3.27-1}$$

$$u_u=u_y+(V_{u1}-V_{y1})/K_u \tag{6.3. 27-2}$$

$$K_u=0.2K_y \tag{6.3. 27-3}$$

$$x=-B+\sqrt{B^2+\frac{2A_sf_{yk}(l_1-2a_1)}{tf_{ck}}} \tag{6.3. 27-4}$$

$$B=l_1/18+0.003h_0 \tag{6.3. 27-5}$$

式中：K_u——缝间墙达到弯曲最大承载力时墙板的整体抗侧移刚度；

x——缝间墙缝根截面混凝土的受压区高度；

f_{ck}——混凝土抗压强度标准值；

A_s——缝间墙受拉纵筋的截面面积；

f_{yk}——纵向受拉钢筋强度标准值。

6.3.28 墙板的极限侧移可按下式计算：

$$u_{max}=\frac{h_0}{\sqrt{\rho_1}}.\frac{h_1}{(l_1-a_1)}.10^{-3} \tag{6.3.28}$$

式中：ρ_1——截面配筋系数，按本规程式（6.3.2.2-3）计算。

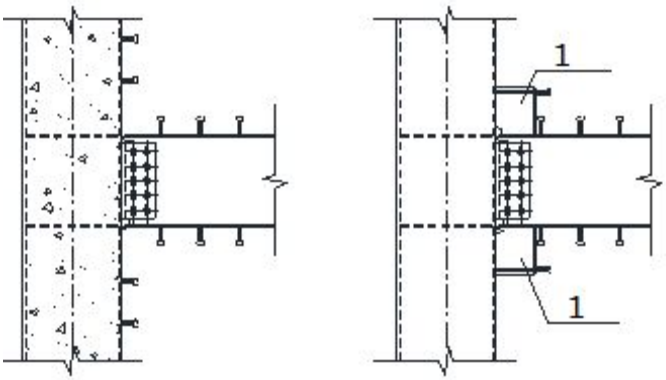
7 节点设计与构造要求

7.1 一般规定

7.1.1 节点的形式应构造简单、整体性好、传力明确、安全可靠、节约材料和施工方便。节点设计应做到构造合理，使节点具有必要的延性，能保证焊接质量，并避免出现应力集中和过大约束应力。

7.1.2 当内填墙板与柱子之间留缝时，梁柱应采用抗剪加强的刚接节点（图 7.2.1 b ）；内填跨内的钢梁截面不宜小于类似跨度的框架梁截面。当内嵌墙板与立柱之间有抗剪件连接时，梁柱宜采用刚性节点（图 7.2.1a）。

7.1.3 当采用半刚性节点时，节点的抗弯承载力设计值不应小于梁塑性弯矩标准值的 50%。



(a) 正常梁柱刚接节点　　(b)界面抗剪加强梁柱刚接节点

1-界面抗剪加强板

图 7.1.2 梁柱刚接节点

7.2 内填墙板跨的梁柱连接计算

7.2.1 与墙板相邻钢框架的梁柱刚性连接应符合下列规定：

1 在内填墙板与柱子间留缝时，梁柱刚性连接的抗剪承载力， 应满足下式要求：

$$V_j > \eta_w V_w h_0 / l_0 + V_{Gb} \qquad (7.2.1)$$

式中：V_j——梁柱连接的竖向抗剪承载力；

V_w——内嵌墙水平抗剪承载力的标准值，

η_w——超强系数，取 1.1

h_0——内嵌墙的净高；

l_0——内嵌墙的净跨；

V_{Gb}——重力产生的梁端剪力设计值。

2 内填墙板与柱子之间留缝时，应满足强柱弱梁要求，但节点系数仅需取 1.15；不留缝时，翼缘与腹板的焊缝满足与钢梁等强即可。

7.2.2 梁柱半刚性连接应符合下列规定：

1 半刚性连接的梁，梁高不宜小于跨度的 1/20,两端截面高度宜与汇交于同一节点其他梁高相同。

2 双角钢型半刚性连接的翼板厚度应符合下列规定：

1)无加劲肋：$t_P=\sqrt{\dfrac{6N_te_f}{bf}}$ (7.2.2-1)

2）有加劲肋

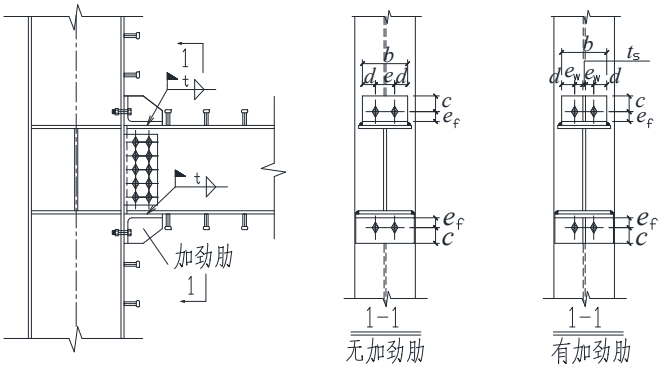
$$t_{\mathrm{p}}=\sqrt{\frac{12N_te_{\mathrm{f}}e_w}{\left[4(ce_{\mathrm{f}}+de_w)-d_0(e_{\mathrm{f}}+e_w+\sqrt{e_{\mathrm{f}}e_w})+\pi(e_w^2+e_{\mathrm{f}}^2)\right]f}} \tag{7.2.2-2}$$

式中：N_t ——一颗螺栓的抗拉承载力，取为$0.8P$， P 为高强螺栓预拉力

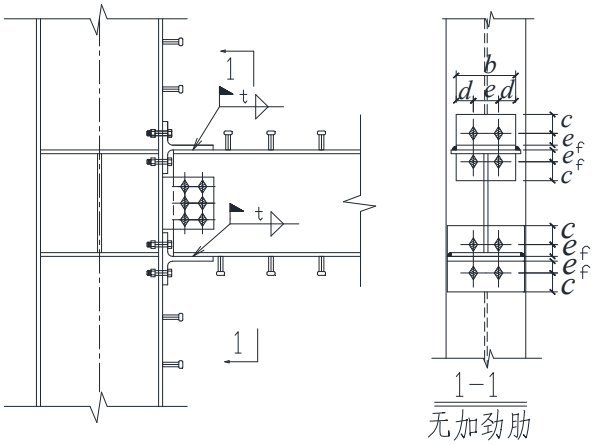
$e_{\mathrm{w}},e_{\mathrm{f}}$ ——高强螺栓中心到连接件或工字形梁腹板和翼缘的垂直距离；

c,d ——高强螺栓中心到连接件边缘的距离；

d_0 ——高强螺栓孔径；



(a)



(b)

本规程用词说明

1 为便于在执行本规程条文时区别对待，对于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，在条件许可时首先应这样做的：

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.《建筑结构荷载规范》GB50009
2.《混凝土结构设计规范》GB50010
3.《建筑抗震设计规范》GB50011
4.《钢结构设计规范》GB50017
5.《工程结构可靠性设计统一标准》GB50153
6.《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50204
7.《钢结构工程施工质量验收规范》GB50205
8.《建筑工程抗震设防分类标准》GB 50223
9.《建筑工程施工质量验收统一标准》GB50300
10.《钢结构焊接规范》GB50661
11.《混凝土结构工程施工规范》GB50666
12.《钢结构工程施工规范》GB50755
13.《碳素结构钢》GB/T 700
14.《钢结构用高强度大六角头螺栓》GB/T 1228
15.《钢结构用高强度大六角螺母》GB/T 1229
16.《钢结构用高强度垫圈》GB/T 1230
17.《钢结构用高强度大六角螺栓、大六角螺母、垫圈技术条件》GB/T 1231
18.《低合金高强度结构钢》GB/T 1591
19.《紧固件机械性能螺栓，螺钉和螺柱》GB/T3098.1
20.《钢结构用扭剪型高强度螺栓连接副》GB/T 3632
21.《非合金钢及细晶粒钢焊条》GB/T 5117
22.《热强钢焊条》GB/T 5118
23.《埋弧焊用碳钢焊丝和焊剂》GB/T 5293
24.《六角头螺栓 C 级》GB/T 5780
25.《六角头螺栓》GB/T 5782
26.《气体保护电弧焊用碳钢、低合金钢焊丝》GB/T 8110
27. 《涂覆涂料前钢材表面处理　表面清洁度是的目视评定 未涂覆过的钢材表面和全面清除原有涂层后的钢材表面的锈蚀等级处理等级》GB8923.1
28.《建筑构件防火喷涂材料性能试验方法》GB9978
29.《碳钢药芯焊丝》GB/T 10045
30.《电弧螺柱焊用圆柱头焊钉》GB/T 10433
31.《埋弧焊用低合金钢焊丝和焊剂》GB/T 12470
32.《多功能钢铁表面处理液通用技术条件》GB/T12612
33.《建筑用压型钢板》GB/T 12755
34.《钢结构防火涂料通用技术条件》 GB 14907
35.《熔化焊用钢丝》GB/T 14957
36.《低合金钢药芯焊丝》GB/T 17493
37.《装配式混凝土结构技术规程》JGJ1
38.《高层建筑混凝土结构技术规程》JG3
39.《普通混凝土配合比设计规程》JGJ55

40.《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ99
41.《高强混凝土应用技术规程》JGJ/T281

中华人民共和国行业标准

钢框架内填墙板结构技术规程

Technical Specification for Steel Frames Filling with Concrete Wall

条文说明

制订说明

编制组按章、节、条顺序编制了本技术规范的条文说明，对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明。但是，本条文说明不具备与标准正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

1.总则

1.0.1　本条是高层民用建筑工程中合理应用内填墙板结构必须遵循的总方针。

1.0.2　钢框架内填墙板结构适用于6度到9度地震地区，不同类型的内填墙板结构适用于不同的高度，设计时应按本规程规定执行。

本条还规定，本规程不适用于建造在危险地段及发震断裂最小避让距离之内的建筑。大量地震震害及其他自然灾害表明,在危险地段及发震断裂最小避让距离之内建造房屋和构筑物较难幸免灾祸;我国也没有在危险地段和发震断裂的最小避让距离内建造建筑的工程实践经验和相应的研究成果，本规程也没有专门条款。发震断裂的最小避让距离应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB50011的有关规定。

2 术语和符号

本章是根据标准编制要求增加的内容。

“钢框架内填墙板结构”是在钢框架的梁柱平面内填充抗侧力的混凝土墙板,墙板可以预制，也可以现浇。钢框架具有较好的延性和自恢复能力，预制混凝土墙板具有较大的抗侧刚度和合适的抗侧承载力，形成一类新的结构体系。墙板仅承受水平力。适合用于住宅等钢结构建筑。内填钢筋混凝土剪力墙也可以现浇。

3 设计基本规定

3.1 一般规定

3.1.2 本条是钢框架内填墙板结构构件承载力设计的原则规定，采用了以概率理论为基础、以可靠指标度量结构可靠度、以分项系数表达的设计方法。本条针对持久设计状况、短暂设计状况和地震设计状况下构件的承载力极限状态设计，与现行国家标准《工程结构可靠性设计统一标准》GB50153和《建筑抗震设计规范》GB50011保持一致。偶然设计状况（如结构

连续倒塌设计）以及结构抗震性能设计时的承载力设计应符合本规程的有关规定，必要时可采用，不作为强制性内容。

结构构件作用组合的效应设计值应符合相关标准的规定。由于内填墙板结构的安全等级一般不低于二级，因此结构重要性系数的取值不应小于 1.0。按照现行国家标准《工程结构可靠性设计统一标准》GB50153 的规定，结构重要性系数不再考虑结构设计使用年限的影响。

3.1.5 与现行行业标准《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ99 保持一致，其中，混凝土墙板部分根据第 6 章的要求考虑了刚度折减。

3.1.7 本条用于控制重力 P-Δ 效应不超过 20%，使结构的稳定具有适宜的安全储备。综合考虑了钢框架的特点和混凝土刚度退化因素。在水平力作用下，钢框架内填墙板结构的稳定应满足本条的规定，不应放松要求。如不满足本条的规定，应调整并增大结构的侧向刚度。为了便于广大设计人员理解和应用，本条表达采用了行业标准《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ3-2010 第 5.5.4 条相同的形式。

3.2 荷载效应

3.2.1 本条是钢框架内填墙板结构极限状态设计时作用组合效应的基本要求，主要根据现行国家标准《工程结构可靠性设计统一标准》GB50153 以及《建筑结构荷载规范》GB50009、《建筑抗震设计规范》GB50011 的有关规定制订。

4 材料

4.1 钢材

4.1.1 工程经验表明，以民用建筑钢结构为代表的现代钢结构对钢材的品种、质量和性能有着更高的要求，同时也要求在设计选材中更要做好优化比选工作。本条依据相关设计规范和工程经验并结合高层民用建筑钢结构的用钢特点，提出了选材时应综合考虑的诸要素。其中应力状态指弹性或塑性工作状态和附加应力（约束应力、残余应力）情况；工作环境指高温、低温或露天等环境条件；钢材品种指轧制钢材、冷弯钢材或铸钢件；钢材厚度主要指厚板、厚壁钢材。为了保证结构构件的承载力、延性和韧性并防止脆性断裂，工程设计中应综

合考虑上述要素，正确合理的选用钢材牌号、质量等级和性能要求。同时由于钢结构工程中钢材费用约可占到工程总费用的60%左右，故选材还应充分的考虑到工程的经济性，选用性价比较高的钢材。此外作为工程重要依据，在设计文件中应完整的注明对钢材和连接材料的技术要求，包括牌号、型号、质量等级、力学性能和化学成分、附加保证性能和复验要求，以及应遵循的技术标准等。

4.2 混凝土和钢筋

4.2.3　工程经验表明，钢管内填混凝土能有效提高构件的承载力和延性，内填混凝土应与钢管的等级相匹配。

4.3 连接材料

4.3.1~4.3.3　与现行行业标准《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ99保持一致。

5 结构布置和结构分析

5.1 一般规定

5.1.3 “均匀、分散、对称、周边”原则中，“均匀、分散”是指内填墙板的片数宜较多，均匀、分散布置在建筑平面上。“对称”是指内填墙板在结构单元的平面上应尽可能对称布置。使水平力作用线尽可能靠近刚度中心，避免产生过大的扭矩。“周边”是指内填墙板应尽可能布置在建筑平面周边，以加大其抗扭转的力臂，提高其抵抗扭转的能力，同时在端部附近设内填墙板可以避免端部楼板外挑长度过大。

5.1.4 与《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99-2015 第 3.3.2 条一致并加以补充。

5.2 结构体系、选型和布置

5.2.8 使用阶段剪力墙板会承受一定的竖向荷载，本条规定不承受竖向荷载是指：

1、横梁应按承受全部竖向荷载设计，不能因为剪力墙承受一定的竖向荷载而减小梁截面；

2、两侧的立柱要承受其从属面积内的全部竖向荷载及倾覆力矩引起的轴力。

3、为达到上述目的，剪力墙的内力分析应按照不承担竖向荷载的剪切膜单元进行分析。

5.3 结构分析模型与要求

5.3.1 为了保证计算结果的准确性，梁柱宜采用考虑剪切变形影响的单元，实体墙板采用平面应力单元。

5.3.2 1 普通的平面应力单元，在推导单元刚度矩阵时采用的物理矩阵是

$$D=\frac{E}{1-\mu^2}\begin{bmatrix}1 & \mu & 0\\ \mu & 1 & 0\\ 0 & 0 & 0.5(1-\mu)\end{bmatrix} \tag{1}$$

在用于分析内填钢筋混凝土墙板时，对物理矩阵进行修正：

$$D=0.7\begin{bmatrix}0.1\dfrac{E}{1-\mu^2} & 0.1\dfrac{\mu E}{1-\mu^2} & 0\\ 0.1\dfrac{\mu E}{1-\mu^2} & 0.1\dfrac{E}{1-\mu^2} & 0\\ 0 & 0 & G\end{bmatrix} \tag{2}$$

即可以获得主要用于抗剪的矩阵。其中矩阵前的系数 0.7 是考虑混凝土的非线性而对整体刚度进行的折减。

经过 0.7 系数的折减，墙板的刚度下降，分担的力也下降，钢框架部分承担的水平力增加，有利于改善整个结构的抗震性能，也极大地提高了震后框架的自恢复能力。

2、 也可以采用剪切膜单元，这种单元在 ANSYS 里面就是 SHELL28 单元。单元刚度矩阵推导如下

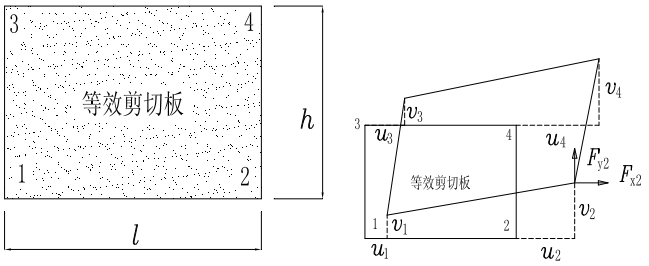
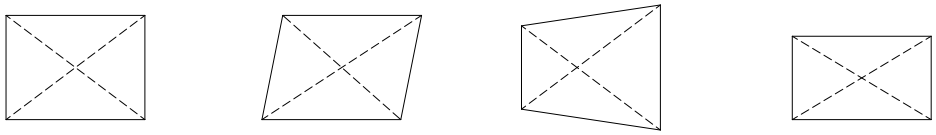


图 1 剪切膜模型



（a）变形前　　（b）剪切变形　　（c）弯曲变形　　（d） 伸缩变形

图 2 剪力墙的变形分解

在有限元的实现上，等效剪切板作为一个单元，四个角点（图 5.3.1-1）的位移记为 $u_i,v_i(i=1,2,3,4)$，从这些位移中计算出剪切板的剪应变。整个剪力墙区块的变形包括剪切变形、弯曲变形和伸缩变形，变形示意图分别见图 5.3.1-2（b)～（d)，由于弯曲变形和伸缩变形中节点域两对角线的长度保持相等，所以两对角线长度差仅由剪切变形引起，因此可以通过两对角线变形后的长度差来计算等效剪切板的剪切角。记剪切变形为 γ，L_d 为变形

前剪力墙对角线的长度，$L_1^{'}$和$L_2^{'}$为变形后剪力墙两对角线的长度，h和l分别为剪力墙的层高和跨度（梁形心到梁形心，柱形心到柱形心），变形后对角线的长度差为：

$$L_1' = \sqrt{(l+u_2-u_3)^2+(h+v_3-v_2)^2} \approx L_d + \frac{l}{L_d}(u_2-u_3) + \frac{h}{L_d}(v_3-v_2) \tag{3}$$

$$L_2' = \sqrt{(l+u_4-u_1)^2+(h+v_4-v_1)^2} \approx L_d + \frac{l}{L_d}(u_4-u_1) + \frac{h}{L_d}(v_4-v_1) \tag{4}$$

$$L_2' - L_1' = \frac{l}{L_d}(u_3+u_4-u_2-u_1) + \frac{h}{L_d}(v_4-v_3+v_2-v_1) \tag{5}$$

而如果剪切板单纯发生剪切变形，则由

$$L_2^{'} - L_1^{'} = \sqrt{(l+\gamma h)^2+h^2} - \sqrt{(l-\gamma h)^2+h^2} = \sqrt{L_d^2+2\gamma lh} - \sqrt{L_d^2-2\gamma lh} \tag{6}$$

$$\begin{aligned} L_2^{'} - L_1^{'} &= \sqrt{(l+\gamma_1 h)^2+(h+\gamma_2 l)^2} - \sqrt{(l-\gamma_1 h)^2+(h-\gamma_2 l)^2} \\ &= L_d\sqrt{1+2(\gamma_1+\gamma_2)lh/L_d^2} - L_d\sqrt{1-2(\gamma_1+\gamma_2)lh/L_d^2} \\ &= L_d\sqrt{1+2\gamma lh/L_d^2} - L_d\sqrt{1-2\gamma lh/L_d^2} \\ &= 2\gamma\frac{lh}{L_d} = \frac{l}{L_d}(u_3+u_4-u_2-u_1) + \frac{h}{L_d}(v_4-v_3+v_2-v_1) \end{aligned} \tag{7}$$

$$\gamma = \frac{1}{2}\left[\frac{(u_3+u_4-u_2-u_1)}{h} + \frac{(v_4-v_3+v_2-v_1)}{l}\right]$$

式中：$L_d = \sqrt{h^2+l^2}$。略去高阶微量，得到剪切角为

$$\gamma = \frac{(L_2^{'}-L_1^{'})L_d}{2lh} = \frac{1}{2}\left(\frac{u_3+u_4-u_2-u_1}{h} + \frac{v_4-v_3+v_2-v_1}{l}\right)$$

节点力和剪切膜内的剪力的关系是：

$$V_x = F_{x3}+F_{x4} = -(F_{x1}+F_{x2}) = Gtl\gamma = \frac{1}{2}Gtl\left(\frac{u_3+u_4-u_2-u_1}{h} + \frac{v_4-v_3+v_2-v_1}{l}\right)$$

$$(F_{x1}+F_{x2}) = \frac{1}{2}Gt\left(\frac{l}{h}(u_1+u_2-u_3-u_4)+v_3-v_4+v_1-v_2\right)$$

$$F_{y2}+F_{y4} = \frac{1}{2}Gt\left(u_3+u_4-u_1-u_2+\frac{h}{l}(v_2+v_4-v_1-v_3)\right)$$

$$F_{y1}+F_{y3} = \frac{1}{2}Gt\left(u_1+u_2-u_3-u_4+\frac{h}{l}(v_1+v_3-v_2-v_4)\right)$$

$$F_{x3}+F_{x4} = \frac{1}{2}Gtl\left(\frac{u_3+u_4-u_2-u_1}{h} + \frac{v_4-v_3+v_2-v_1}{l}\right)$$

$$F_{x1}+F_{x2} = \frac{1}{2}Gt\left(\frac{l}{h}(u_1+u_2-u_3-u_4)+v_3-v_4+v_1-v_2\right)$$

$$V_y = F_{y2}+F_{y4} = -(F_{y1}+F_{y3}) = Gth\gamma = \frac{1}{2}Gt\left(u_3+u_4-u_1-u_2+\frac{h}{l}(v_2+v_4-v_1-v_3)\right)$$

令$F_{x1}=F_{x2}, F_{x3}=F_{x4}, F_{y2}=F_{y4}, F_{y1}=F_{y3}$，则得到剪切膜的刚度矩阵是（引入混凝土刚度折减系数0.7）

$$\begin{Bmatrix} F_{x1} \\ F_{y1} \\ F_{x2} \\ F_{y2} \\ F_{x3} \\ F_{y3} \\ F_{x4} \\ F_{y4} \end{Bmatrix} = 0.7\frac{1}{4}Gth \begin{bmatrix} l/h & 1 & l/h & -1 & -l/h & 1 & -l/h & -1 \\ 1 & h/l & 1 & -h/l & -1 & h/l & -1 & -h/l \\ l/h & 1 & l/h & -1 & -l/h & 1 & -l/h & -1 \\ -1 & -h/l & -1 & h/l & 1 & -h/l & 1 & h/l \\ -l/h & -1 & -l/h & 1 & l/h & -1 & l/h & 1 \\ 1 & h/l & 1 & -h/l & -1 & h/l & -1 & -h/l \\ -l/h & -1 & -l/h & 1 & l/h & -1 & l/h & 1 \\ -1 & -h/l & -1 & h/l & 1 & -h/l & 1 & h/l \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} u_1 \\ v_1 \\ u_2 \\ v_2 \\ u_3 \\ v_3 \\ u_4 \\ v_4 \end{Bmatrix} \quad (8)$$

值得注意的是，剪切膜的单元刚度矩阵必须与其他单元一起使用,即四个角点必须与其他有轴压刚度和抗弯刚度的单元相连。

6 构件设计和刚度计算

6.1 预制钢筋混凝土剪力墙板

6.1.3 公式 6.1.2-1、6.1.2-2 源于《混凝土结构设计规范》GB50010 中矩形截面钢筋混凝土剪力墙受剪截面要求。令《混凝土结构设计规范》GB50010 中矩形截面钢筋混凝土剪力墙偏心受压时斜截面受剪承载力计算公式中 $M=0$，$N=0$ 得出公式 6.1.3-1、6.1.3-2。

6.1.5 美国钢筋混凝土规范（ACI318-11）规定：$\phi V_n \geq V_u$，V_u-设计剪力，ϕ=0.75。当剪摩擦配筋与剪切平面垂直时，V_n 按下式计算：$V_n = \mu A_{vf} f_y$

式中 A_{vf}、f_y-剪摩擦配筋总截面积（要求横向钢筋焊接连接，不间断）、屈服强度。

需要的剪摩擦配筋截面积 $A_{vf} = \dfrac{V_u}{\phi f_y \mu}$，在将其表面有意识做粗糙的已硬化混凝土上浇筑的普通混凝土 μ=1.0，剪力传递面应清洁且无浮渣，对于普通混凝土假定 μ=1.0 时，界面应做粗糙化处理，并使其凹凸全幅度约为 7mm。剪摩擦配筋应沿剪切面恰当布置，并应通过在两侧混凝土中的埋置长度、弯钩或焊接来实现锚固，以发挥 f_y。其表面未有意识做粗糙的已硬化混凝土上浇筑的普通混凝土 μ=0.6。

表面有意识做粗糙的已硬化普通容重混凝土，V_n 不应超过 $0.2 f_c' A_c$、$(480+0.08 f_c') A_c$ 和 $1600 A_c$ 三者之间的最小值。在其它情况下，V_n 不应超过 $0.2 f_c' A_c$ 和 $800 A_c$ 两者之间的较小值。如果不同强度的混凝土浇筑在一块，用于计算 V_n 的 f_c' 应为较小强度混凝土的 V_n 值。A_c-抵抗剪力的混凝土截面积，以 in^2 计，f_c' 以磅/in^2 计。文献《美国规定的混凝土抗

压强度与中国混凝土强度等级的比较》给出：$f_c^{'}=0.8f_{cu,k}=\frac{1}{0.85}f_{ck}=1.18f_{ck}$，$f_{cu,k}$-混凝土强度等级，即C××。代入$f_{ck}=1.4f_c$、$f_y$=1.1$f$，量纲转换后得出：$0.75V_n=0.75\times1.1\mu A_s f\le(0.25f_cA_c,(2.5+0.1f_c)A_c,8.3A_c)_{min}$，混凝土强度等级低于$C70$情况下，8.3$A_c$项不控制。

6.1.6 设暗柱、暗梁及配筋要求是为了防止栓钉受剪、受拉时混凝土崩裂、侧面爆裂。混凝土崩裂锥面投影面的半径是1.5h_{ef}，在此范围内应有箍筋。

6.1.7 墙板厚度系参考现行行业标准《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ3的有关规定并适当放宽。

6.1.12 混凝土层间墙板侧向荷载位移关系图的形状参考了国外文献，根据苏州科技学院11个钢框架内填混凝土墙板试验数据确定图中各参数取值。各试件墙板对应屈服荷载的侧移角约为$\frac{1}{250}$，超强系数略大于2.0，按割线关系，图6.1.11中与计算承载力对应的屈服位移角取为$\frac{1}{500}$；试件的开裂侧移角平均为$\frac{1}{1423}$，图6.1.11中取为$\frac{1}{1500}$；试验荷载峰值侧移角平均为$\frac{1}{97.8}$，图6.1.11取$\frac{1}{100}$；试验对应85%荷载峰值的侧移角平均为$\frac{1}{59.1}$，图6.1.11取$\frac{1}{50}$；试验墙板开裂荷载与试验屈服荷载的平均比值为0.272，图6.1.11取为0.25，相当于0.5V_k。

6.1.16 限制半刚性节点初始转动刚度和抗弯承载力的下限，是使半刚性连接的性能位于图3的斜线区域，目的是出于二道防线考虑。

6.1.27 文献“Headed steel stud anchors in composite structures, Partl:Shear, Journal of Constructional Steel Research, 2010, (66):198-212”，根据391个试验结果统计得出：钉头直径$d_h\ge1.63d$时，栓钉拔出（pull out）破坏不控制；标准混凝土中钉杆长度与钉杆直径比值$h/d\ge5$时，轻混凝土中$h/d\ge7$时，混凝土崩裂（breakout）破坏不控制；考虑到内填混凝土墙板厚度不大，混凝土崩裂不能形成完整锥面，崩裂承载力会降低，故本规程设暗柱、暗梁配筋构造防止混凝土崩裂破坏模式，只验算混凝土剪撬破坏和钉杆破坏。公式（6.1.4.6）源于现行国家标准《钢结构设计规范》GB50017，采用了低周疲劳影响系数ψ_1=0.75。

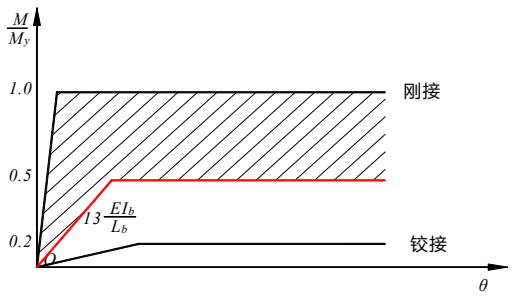


图 3 铰接、刚接、半刚性连接划分

6.1.28 公式(6.1.4.7)源自现行国家标准《钢结构设计规范》GB50017，采用了低周疲劳影响系数 0.75。

6.2 现浇钢筋混凝土剪力墙板

6.2.11 包含弯曲位移的层间弹性位移限值，参照表 3.1.5。

6.2.12 包含弯曲位移的层间弹塑性位移限值，参照表 3.1.6。

6.2.22【条文说明】文献“Headed steel stud anchors in composite structures, Part II :Tension and interaction, Journal of Constructional Steel Research, 2010, (66) :213-228”根据 222 个试验结果统计得出：普通混凝土，栓钉长度与钉杆直径比值 $h/d \geq 8$ 时，轻混凝土 $h/d \geq 7$ 时，栓钉最小间距满足 $3h_{ef}$（h_{ef} 为钉杆长度）混凝土崩裂（breakout）破坏不控制；钉头直径 $d_h \geq 1.63d$ 时，栓钉拔出（pull out）破坏不控制；钉杆距自由边大于 $1.5h_{ef}$ 时可避免边缘爆裂破坏（本规程由对暗柱、暗梁配筋构造要求防止混凝土崩裂、边缘爆裂破坏）。栓钉直径 $\leq 25\text{mm}$，350Mpa 或 450Mpa 钢材，混凝土强度 $f_c' \geq 21\text{Mpa}$（AISC 允许最小强度混凝土），可只验算钉杆受拉破坏，即循环荷载下单个栓钉抗拉承载力：$0.75 \times 0.75 A_s F_u$。(6.2.22-1)式中采用栓钉抗拉强度设计值 f，0.75 改成 0.8。拉剪组合承载力采用了“Headed steel stud anchors in composite structures, Part II :Tension and interaction”中的椭圆曲线：

$$\left(\frac{Q_t}{Q_{nt}}\right)^{\left(\frac{5}{3}\right)} + \left(\frac{Q_v}{Q_{nv}}\right)^{\left(\frac{5}{3}\right)} \leq 1 \qquad (9)$$

6.3 带竖缝钢筋混凝土剪力墙板

6.3.2 本条第 4 款要求的目的，一是增强梁端竖向抗剪能力；二是增强框架梁与墙板之间的传力，避免墙板与钢梁连接面成为薄弱环节。

6.3.6 ρ_1 若超出 0.075~0.185 范围过多，应重新调整缝间墙肢数 n_1、缝间墙尺寸 l_1、h_1 及 a_1

（墙肢内受拉钢筋截面形心至缝间墙边缘的距离）、f_c、f_y的值，使ρ_l尽可能控制在上述范围内。

6.3.10 公式（6.3.10）是为了保证缝间墙先发生延性较好的压弯破坏。

6.3.16 剪切膜单元模型无法反映内嵌竖缝墙与柱间隙长度内框架梁端存在的较大剪力，本条可保证梁端抗剪强度得到满足。

6.3.20 角部加强板可为竖缝墙的安装提供固定，使墙板就位；帮助框架梁抵抗式 (6.3.16)的梁端剪力；加强梁下翼缘与墙板连接面的水平抗剪强度。

7 节点设计与构造要求

7.1 一般规定

7.1.3 可采用等效剪切膜单元考虑钢框架内嵌带竖缝混凝土剪力墙参与整体结构的内力分析，其等效剪切膜的厚度为：

$$t' = \frac{1.2h}{G_s l\left[\frac{1.2(h_0-h_1)}{0.7G_c l_0 t}+\frac{(1.25h_1)^3}{0.7\sum_{i=1}^{n}E_c t l_{1i0}^3}+\frac{1.2h_1}{0.7\sum_{i=1}^{n}G_c l_{1i0} t}+\frac{h^2}{5G_s l_n^2 t_w}\right]} \qquad (10)$$

式中，$l_0=\sum_{i=1}^{n_1} l_{1i}$，竖缝墙的总宽度；

E_c－混凝土的弹性模量；

G_c－混凝土的剪切模量，

G_s－钢材的剪切模量；

l_{1i}－第 i 个墙肢的宽度，包括缝宽；

l_{1i0}－第 i 个墙肢的净宽，$l_{1i0}=l_{1i}$－缝宽；

h－层高；

l_n－钢梁净跨度；

t_w－钢梁腹板厚度；

t－墙板厚度；

l－梁跨度；

n－钢梁与墙板连接栓钉的数量；

8 构件的加工制造与施工

8.1 一般规定

8.1.1 钢结构框架的施工详图，应由承担制作的钢结构制作单位负责绘制且应具有钢结构工程施工资质。编制施工详图时，设计人员应详细了解并熟悉最新的工程规范，以及工厂制作和工地安装的专业技术。

施工详图审批认可后，由于材料代用、工艺或其他原因，可能需要进行修改。修改时应向原设计单位申报，并签署文件后才能生效，作为施工的依据。

8.3 施工和安装

8.3.5 根据施工组织方案确定安装墙板的时机。当未安装墙板时，结构应有可靠构件保证结构的侧向刚度。

9 钢结构防护

9.1 一般规定

9.1.1 参照现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 和《钢结构工程施工规范》GB50755 的规定制定。

9.2 防腐涂装

9.2.9 本条规定涂装时温度以 5℃～38℃为宜，该规定只适合室内无阳光直接照射的情况，一般来说钢材表面温度比气温高 2℃～3℃。如果在阳光直接照射下，钢材表面温度比气温高 8℃～12℃，涂装时漆膜耐热性只能在 40℃以下，当超过 43℃时，漆膜容易产生气泡而局部鼓起，降低附着力。低于 0℃时，漆膜容易冻结而不易固化。湿度超过 85%时，钢材表面有露点凝结，漆膜附着力差。

9.3 防火涂装

9.3.1 钢结构都要用防火涂层，因此钢结构加工厂在构件制作时只作防锈处理，用防锈涂层刷两道，不涂刷面层。但构件的接头，不论是焊接还是螺栓连接，一般是不刷油漆和各种涂料的，所以钢结构安装完成后，要补刷这些部位的涂层。钢结构安装后补刷涂层的部位，包括焊缝周围、高强度螺栓及摩擦面外露部分，以及构件在运输安装时涂层被擦伤的部位。

9.3.5 灰尘、杂质、飞溅等会影响油漆与钢材的粘接强度，影响耐久性。涂装前必须彻底清除。

10 验收

10.1 一般规定

10.1.5 钢框架内填墙板结构验收时，应满足现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB50205 和《混凝土结构工程施工质量验收规范》的相关要求。

本章只规定了混凝土墙板相关的验收要求,其余钢结构框架的验收要求详见相关标准的规定。

10.2 主控项目

10.2.1~10.2.2 预制混凝土墙板属于预制构件，其构件的允许偏差应满足表 10.2.1 的规定和现行行业标准《预制混凝土结构技术规程》JGJ1 的有关要求。

10.3 一般项目

10.3.1~10.3.2 预制混凝土墙板属于预制构件，验收时除符合本节规定外，还应符合现行行业标准《预制混凝土结构技术规程》JGJ1 的有关要求。