



T/CECS_{xxx}-2021

中国工程建设标准化协会标准

缀板式钢管混凝土组合柱结构应用技术规程

Technical Specification for Battened concrete-filled steel tube (CFT)

composite column

(征求意见稿)

中国 XX 出版社

中国工程建设标准化协会标准

缀板式钢管混凝土组合柱结构应用技术规程

Technical Specification for Battened concrete-filled steel tube (CFT)
composite column

T/CECS xxx—2021

主编单位：青岛理工大学

批准单位：中国工程建设标准化协会

施行日期：2021 年 XX 月 XX 日

中国 XX 出版社

2021 年 北京

前 言

根据中国工程建设标准化协会建协字 [2019]22 号关于印发《2019 年第二批协会标准制订、修订计划》的通知要求，规程编制组经过充分调查研究，认真总结实践经验，参考国外先进标准和国内相关规程标准，并在广泛征求意见的基础上，制定本规程。

本规程的主要技术内容是：总则、术语与符号、材料、基本规定、结构分析、构件设计、构件制作与施工、验收。本规程适用于工业与民用建筑和一般构筑物的缀板式钢管混凝土组合柱结构的设计与施工。

本规程由中国工程建设标准化协会建筑产业化分会归口管理。由青岛理工大学负责具体技术内容的解释。执行中如有意见和建议，请联系主编单位。

本 规 程 主 编 单 位： 青岛理工大学

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：

目录

1 总则	1
2 术语与符号	2
2.1 术语	2
2.2 符号	2
3 材料	6
3.1 钢材	6
3.2 混凝土	6
3.3 连接材料	7
4 基本规定	8
4.1 结构体系和选型	8
4.2 水平位移限值和舒适度要求	10
4.3 抗震等级	11
4.4 构件承载力设计	12
4.5 建筑形体及结构布置的规则性	13
4.6 缀板式钢管混凝土组合柱的基本规定	14
4.7 组合墙的基本规定	19
5 结构分析	20
5.1 一般规定	20
5.2 结构弹性分析	22
5.3 结构弹塑性分析	23
6 构件设计	26
6.1 一般规定	26
6.2 缀板式钢管混凝土组合柱轴压设计	26
6.3 缀板式钢管混凝土组合柱压弯设计	27
6.4 缀板式钢管混凝土组合柱缀板抗剪设计	39
6.5 缀板式钢管混凝土组合柱轴压比计算	39
7 节点设计	40
7.1 一般规定	40
7.2 缀板式钢管混凝土组合柱梁柱连接	40
7.3 缀板式钢管混凝土组合柱柱脚节点	44
7.4 缀板式钢管混凝土组合柱拼接节点	44
7.5 楼板与缀板式钢管混凝土组合柱的连接节点	48
8 构件制作与施工	51
8.1 一般规定	51
8.2 钢构件制作	51
8.3 钢构件防腐	52

8.4 钢构件防火.....	52
8.5 构件安装.....	54
8.6 混凝土浇筑.....	55
9 验收.....	57
9.1 一般规定.....	57
9.2 原材料及成品进场.....	57
9.3 部件加工.....	58
9.4 缀板式组合柱安装工程.....	60
9.5 缀板式组合柱混凝土工程.....	64
附录 A 缀板式钢管混凝土组合柱长细比计算.....	66
附录 B、缀板式钢管混凝土组合柱稳定系数计算.....	66
附录 C、缀板式钢管混凝土组合柱形心计算.....	67
附录 D、缀板式钢管混凝土组合柱缀板抗剪计算.....	69
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.....	2
3	Materials.....	6
3.1	Steel.....	6
3.2	Concrete.....	6
3.3	Connecting material.....	7
4	Fundamental provisions.....	8
4.1	Structural systems and selection principles.....	8
4.2	Seismic and comfort design provisions.....	10
4.3	Seismic grade.....	11
4.4	Strength design of structural members.....	12
4.5	Building shapes and layout principles.....	13
4.6	Fundamental provisions for battened CFT composite column.....	14
4.7	Fundamental provisions for steel plate – concrete composite wall.....	19
5	Structure analysis.....	20
5.1	General provisions.....	20
5.2	Elastic analysis.....	22
5.3	Elastoplastic analysis.....	23
6	Design of components.....	26
6.1	General provisions.....	26
6.2	Axial compression design of battened CFT composite column.....	26
6.3	Bending design of battened CFT composite column.....	27
6.4	Shear design of battened CFT composite column.....	39
6.5	Calculation of axial compression ratio.....	39
7	Design of joints.....	40
7.1	General provisions.....	40
7.2	Connections and joints of battened CFT composite column.....	40
7.3	Column base node of battened CFT composite column.....	44
7.4	Splice node of battened CFT composite column.....	44
7.5	Floor joint of battened CFT composite column.....	48
8	Fabrication and erection.....	51
8.1	General provisions.....	51
8.2	Fabrication of steel members.....	51
8.3	Corrosion protection of steel members.....	52
8.4	Fire protection of steel members.....	52

8.5 Component installation.....	54
8.6 Concrete pouring.....	55
9 Acceptance.....	57
9.1 General provisions.....	57
9.2 Mobilization of raw materials and finished products.....	57
9.3 Parts processing.....	58
9.4 Installation works of battened CFT composite column.....	60
9.5 Concrete works of battened CFT composite column.....	64
Appendix A Slenderness ratio calculation of battened CFT composite column.....	66
Appendix B Stability factor calculation of battened CFT composite column.....	66
Appendix C Centroid calculation of battened CFT composite column.....	67
Appendix D Shear calculation of battened CFT composite column.....	69
Explanation of Wording in This Specification.....	75
List of Quoted Standards.....	76

1 总则

1.0.1 为了在多、高层民用建筑中合理应用缀板式钢管混凝土组合柱结构，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、高层民用建筑缀板式钢管混凝土组合柱结构的设计、制作、安装与验收。

1.0.3 缀板式钢管混凝土组合柱结构设计、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 术语与符号

2.1 术语

2.1.1 缀板式钢管混凝土组合柱 Battered concrete-filled steel tube (CFT) composite column; Battered CFT composite column;

由中心方钢管、端部矩形钢管、连接缀板、内浇混凝土组成，组合柱截面形式可以是一字型、L型、T型、十字型。

2.1.2 连续缀板式钢管混凝土组合柱 Continuous battered concrete-filled steel tube (CFT) composite column; Continuous battered CFT composite column;

缀板式钢管混凝土组合柱的一种形式，但其缀板通长连接于中心方钢管、端部矩形钢管之间。

2.1.3 缀板式钢管混凝土组合柱框架结构 Moment frame structure of battered CFT composite columns;

由组合柱和梁主要承担竖向和水平作用的结构

2.1.4 缀板式钢管混凝土组合柱框架+支撑结构 Braced frame structure of battered CFT composite columns;

由框架柱、梁和支撑主要承受竖向和水平作用的结构。

2.1.5 缀板式钢管混凝土组合柱框架+剪力墙结构 Frame shear-wall structure with battered CFT composite columns;

由框架柱、剪力墙和梁作为主要承受竖向和水平作用的结构。

2.1.6 缀板式钢管混凝土组合剪力墙 Shear wall structure with battered CFT composite columns;

由剪力墙主要承受竖向和水平作用的结构。

2.2 符号

2.2.1 几何参数

A_{ci} ——组合柱中柱肢 i 的混凝土截面面积;

A_{si} ——组合柱中柱肢 i 的钢管截面面积;

A_{chi} ——第 i 柱肢混凝土截面换算面积;

e_x 、 e_y ——为偏心压力 P 到 x 轴和 y 轴上的距离;

e_1 、 e_2 ——为柱肢形心到形心坐标 x 轴的垂直距离;

e_3 ——为柱肢形心到形心坐标 y 轴的垂直距离;

i_{oi} ——构件截面对主轴 X 或主轴 Y 的回转半径；

I_{so} ——为钢截面绕 X 轴或 Y 轴惯性矩；

I_{co} ——为混凝土截面绕 X 轴或 Y 轴惯性矩；

λ_i ——钢管混凝土轴心受压构件的长细比；

$\bar{\lambda}_{oi}$ ——构件的相对长细比；

l_i ——对于无缀板约束方向取构件的长度，可取层高；对于有缀板约束方向，可取缀板式钢管混凝土组合柱中柱取缀板之间的净距；

a 、 b ——边肢柱截面的宽和长；

c ——缀板宽度；

t ——钢管的厚度；

l_0 ——柱长，可取层高；

d ——两柱肢钢管混凝土的中心距；

L ——两块缀板的间距；

2.2.2 材料性能及计算指标

E_s ——钢材的弹性模量；

E_c ——混凝土的弹性模量；

f_c ——混凝土抗压强度设计值；

f ——钢材抗拉强度设计值；

f_{sb} ——梁钢材抗拉抗压和抗弯强度设计值；

f_{yb} ——梁钢材屈服强度；

f_{sp1} ——贴板钢材抗拉抗压和抗弯强度设计值；

f_{sp2} ——侧板钢材抗拉抗压和抗弯强度设计值；

f_{up2} ——侧板钢材抗拉强度；

f_f^w ——角焊缝强度设计值；

f_u^f ——角焊缝强度；

f_{vyb} ——梁钢材屈服抗剪强度，取梁钢材屈服强度的 58%；

f_a ——锚件抗拉强度设计值；

f_{ck} ——基础混凝土抗压标准值；

f_{ay} ——锚件抗拉强度标准值；

f_{au} ——受拉侧边缘构件锚件最小抗拉强度；

2.2.3 作用、作用效应及承载力

P ——偏心压力

N_u ——缀板式矩形钢管混凝土组合柱轴压稳定承载力设计值；

N_{ui} ——缀板式矩形钢管混凝土组合柱分肢轴压稳定承载力设计值（对于 L 形 $i = 1, 2, 3$ ，对于 T 形 $i = 1, 2, 3, 4$ ，对于十字形 $i = 1, 2, 3, 4, 5$ ）；

N_{oi} ——缀板式矩形钢管混凝土组合柱分肢轴压承载力设计值；

N_{zi} ——分别为在轴心压力作用下各柱肢所承担的轴心压力；

M_x 、 M_y ——分别为绕 X 轴和 Y 轴的弯矩；

N_{Mxi} ——弯矩 M_x 作用下各柱肢所产生的的轴心压力或拉力；

N_{Myi} ——弯矩 M_y 作用下各柱肢所产生的的轴心压力或拉力；

M_1 、 M_2 ——分别为柱头、柱脚分配后的弯矩和；

2.2.4 计算系数及其它

φ_{oi} ——缀板式矩形钢管混凝土组合柱分肢柱的稳定系数；

φ_{omin} ——缀板式矩形钢管混凝土组合柱分肢柱的稳定系数的最小值；

α —— 缀板式矩形钢管混凝土组合柱中肢轴压承载力设计值与分肢轴压承载力设计值的比值；

μ ——构件的计算长度系数；

β 、 γ ——剪力分配系数，缀板式矩形钢管混凝土组合柱分肢柱抗剪承载力与整肢柱在单方向上抗剪承载力的比值；

3 材料

3.1 钢材

3.1.1 缀板式钢管混凝土组合柱结构钢材宜采用 Q235、Q355、Q390、Q420 钢，同时所选用钢材应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB50017、《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ99 和《建筑抗震设计规范》GB50011 的有关规定。

3.1.2 缀板式钢管混凝土组合柱中钢管可采用冷成型的直缝或热轧钢管，也可采用冷弯型钢或热轧钢板、型钢焊接成型的矩形管，其中钢管如采用冷成型工艺制作时，不宜采用 Q390 及以上的高强度钢。

【条文说明】：钢管混凝土构件采用的焊接管必须保证焊缝强度大于或等于钢管的强度，以免发生焊缝破坏。

3.1.3 当采用冷弯成型或由冷弯型钢焊接组成的矩形钢管时，钢材的强度指标应按现行国家标准《冷弯型钢结构技术规范》GB 50018 的规定采用。

3.1.4 处于外露环境，且对耐腐蚀有特殊要求或处于侵蚀性介质环境中的承重结构，可采用 Q235NH、Q355NH 和 Q415NH 牌号的耐候结构钢，其质量应符合现行国家标准《耐候结构钢》GB/T4171 的规定。

【条文说明】：对于露天采用的钢管混凝土构件，可采用耐候钢和高性能耐火耐候建筑用钢。对于室内采用的钢管混凝土构件，可采用高性能耐火耐候建筑用钢。

3.2 混凝土

3.2.1 缀板式钢管混凝土组合柱中的混凝土强度等级不应低于 C30 级。对于 Q235 钢管，宜配 C30~C40 级混凝土；对于 Q355 钢管，宜配 C40~C50 级的混凝土；对 Q390、Q420 钢管，宜配不低于 C50 级的混凝土。

【条文说明】：考虑到混凝土与钢材的合理匹配，保证质量，提出了混凝土强度等级不低于 C30 的要求。

3.2.2 缀板式钢管混凝土组合柱中的混凝土应采用自密实混凝土，混凝土的强度等级、力学性能和质量标准应分别符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB50010 和《混凝土强度检验评定标准》GB50107 的规定。同时自密实混凝土的配合比设计、施工、质量检验和验收应符合现行行业标准《自密实混凝土应用技术规程》JGJ/T283 的规定。

【条文说明】：钢管内浇筑的混凝土宜优先使用自密实混凝土，不需振捣，施工方便，节约时间。当采用普通混凝土时应采取振捣措施。

3.3 连接材料

3.3.1 用于缀板式钢管混凝土组合柱结构的焊接材料应符合《钢结构设计标准》GB50017 及《钢结构焊接规范》GB50661 的有关规定。

3.3.2 用于缀板式钢管混凝土组合柱结构的紧固件材料应符合下列规定：

1 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 / T1228、《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 / T1230、《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 / T1231 和《钢结构用扭剪型高强度螺栓连接副》GB / T3632 的规定。

2 组合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 / T10433 的规定。

3 锚栓钢材可采用现行国家标准《碳素结构钢》GB / T700 规定的 Q235 钢或《低合金高强度结构钢》GB / T1591 中规定的 Q355 钢、Q390 钢。

4 基本规定

4.1 结构体系和选型

4.1.1 缀板式钢管混凝土组合柱结构可采用下列结构体系（详图 4.1-1）：

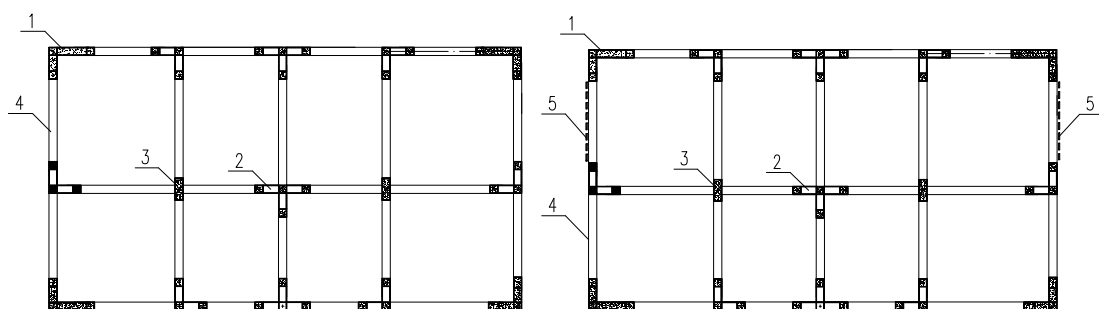
- 1 缀板式钢管混凝土组合柱框架结构；
- 2 缀板式钢管混凝土组合柱框架-支撑（钢板墙）结构；
- 3 缀板式钢管混凝土组合柱框架-剪力墙结构；
- 4 缀板式钢管混凝土组合剪力墙结构。

【条文说明】：缀板式钢管混凝土组合柱框架结构主要由缀板式钢管混凝土组合柱、矩形钢管混凝土柱、钢梁和楼板组成。缀板式钢管混凝土组合柱的形式可以采用 L 形、T 形、十字形。钢梁可采用热轧 H 型钢和焊接 H 型钢，（见图 4.1-1）。

缀板式钢管混凝土组合柱框架-支撑（钢板墙）结构主要由缀板式钢管混凝土组合柱、支撑（钢板墙）、钢梁及楼盖组成的结构体系，其中支撑的类型可以是中心支撑、偏心支撑或耗能支撑，钢板墙可以是带或不带加劲肋钢板剪力墙、波形钢板剪力墙。

缀板式钢管混凝土组合柱框架-剪力墙结构主要由缀板式钢管混凝土组合柱、剪力墙、矩形钢管混凝土柱、钢梁和楼板组成。剪力墙形式为钢板混凝土组合剪力墙、波形钢板-混凝土组合墙，钢梁可采用热轧 H 型钢和焊接 H 型钢。

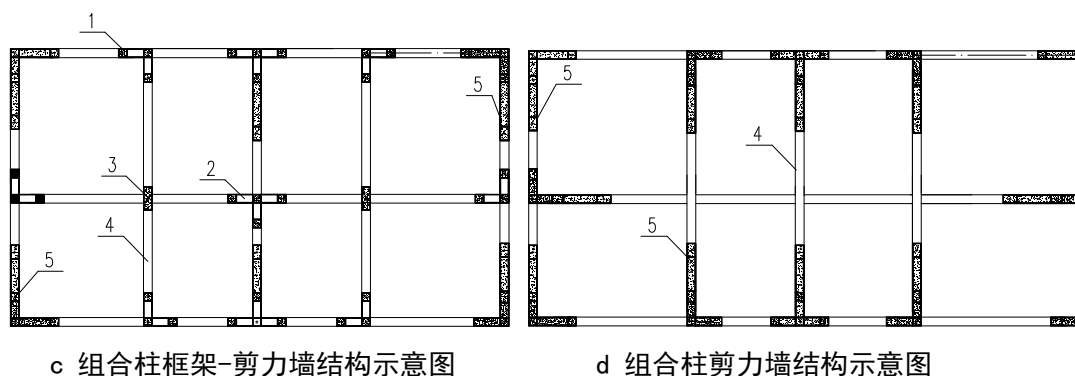
缀板式钢管混凝土组合剪力墙结构主要由组合剪力墙、钢梁及楼盖组成，组合剪力墙可以是 L 形、T 形、十字形。



a 组合柱框架结构示意图

b 组合柱框架-支撑（钢板墙）结构示意图

1-L 形组合柱；2-T 形组合柱；3-矩形柱；4-钢梁；5-支撑（钢板墙）；



1-L 形组合柱；2-T 形组合柱；3-矩形柱；4-钢梁；5-组合柱剪力墙

图 4.1-1 钢管混凝土组合柱结构示意图

4.1.2 抗震设防烈度为 6 度至 8 度的乙类和丙类高层民用建筑适用的最大高度应符合表 4.1-1 的规定。平面和竖向均不规则的缀板式钢管混凝土组合柱结构的最大适用高度宜适当降低。

表 4.1-1 缀板式钢管混凝土组合柱结构最大适用高度

结构体系	抗震设防烈度			
	6 度、7 度 (0.1g)	7 度 (0.15g)	8 度	
			(0.2g)	(0.3g)
缀板式钢管混凝土组合 柱框架	70	50	30	12
缀板式钢管混凝土组合 柱框架-支撑（钢板墙）	90	70	50	24
缀板式钢管混凝土组合 柱框架-剪力墙	100	100	80	50
缀板式钢管混凝土组合 剪力墙	150	140	120	100

注：1、房屋高度指室外地面到主要屋面板顶的高度（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、框架柱包括缀板式钢管混凝土组合柱、钢管混凝土柱；

4、剪力墙为钢板混凝土组合剪力墙；

5、6 度区、7 度区、8 度区的甲类建筑的适用高度，宜提高 1 度后查表。

【条文说明】：最大适用高度在参考《高层民用建筑钢结构技术规程》（JGJ99）、《组合结构设计规范》（JGJ138）、《钢管混凝土结构设计规范》GB50936 等相关的规定基础上，考虑到缀板式钢管混凝土柱力学性能，其各体系最大适用高度略有降低，如果在构造或结构体系完善的基础上最大适用高度可适当放宽。

4.1.3 缀板式钢管混凝土组合柱结构的高宽比不宜大于表 4.1-2 的规定。

表 4.1-2 缀板式钢管混凝土组合柱结构适用的最大高宽比

抗震设防烈度	6 度、7 度	8 度
最大高宽比	6.5	6

注：1、计算高宽比的高度一般从室外地面算起；

2、当塔形建筑底部有大底盘时，算高宽比的高度从大底盘顶部算起。

【条文说明】：高层民用建筑的高宽比，是对结构刚度、整体稳定、承载能力和经济合理性的宏观控制；在结构设计满足本规程规定的承载力、稳定、抗倾覆、变形和舒适度等基本要求后，仅从结构安全角度讲高宽比限值不是必须满足的，主要影响结构设计的经济性。本规程主要参考《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ99、《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ3。

4.2 水平位移限值和舒适度要求

4.2.1 按弹性方法计算的风荷载或多遇地震标准值作用下的楼层层间最大水平位移与层高之比 $\Delta u/h$ 宜符合下列规定：

表 4.2-1 楼层层间最大位移与层高之比的限值

结构体系	风荷载下弹性位移角	多遇地震作用下弹性层间位移角
缀板式钢管混凝土组合柱框架、缀板式钢管混凝土组合柱框架-支撑（钢板墙）、缀板式钢管混凝土组合柱框架-剪力墙、缀板式钢管混凝土组合剪力墙	1/350	1/300

注：楼层层间最大位移 Δu 以楼层竖向构件最大的水平位移差计算，不扣除整体弯曲变形。

抗震设计时，本条规定的楼层位移计算可以不考虑偶然偏心的影响。

【条文说明】：高层住宅建筑层数多，高度大，为保证高层住宅建筑钢结构具有必要的刚度，应对其楼层位移加以控制。侧向位移控制实际上是对构件截面大小，刚度大小的一个指标。在正常情况下，限制高层民用建筑钢结构层间位移的主要目的有：一是保证主体结构基本处于弹性受力状态；二是保证填充墙板，隔墙和幕墙等非结构构件的完好，避免产生明显损伤。

4.2.2 在罕遇地震作用下缀板式钢管混凝土组合结构的层间侧移不应大于表 4.2-2 的限值。

表 4.2-2 楼层层间最大位移与层高之比的限值

结构体系	罕遇地震作用下弹塑性层间位移角
缀板式钢管混凝土组合柱框架、缀板式钢管混凝土组合柱框架-支撑（钢板	1/50

墙)	
缀板式钢管混凝土组合柱框架-剪力墙、缀板式钢管混凝土合剪力墙	1/80

【条文说明】：参考《钢板剪力墙技术规程》JGJ/T380 和《建筑抗震设计规范》GB50011 中有关规定。

4.2.3 缀板式钢管混凝土组合柱结构应用于 80m 以上时应进行风振舒适度验算。在现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 规定的 10 年一遇的风荷载标准值作用下，结构顶点的顺风向和横风向振动最大加速度计算值不应大于表 4.2-3 中的限值。结构顶点的顺风向和横风向振动最大加速度，可按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的有关规定计算。

表 4.2-3 结构顶点的顺风向和横风向风阵加速度限制

使用功能	a_{lim}
住宅、公寓	0.15/s ²
办公、旅馆	0.25/s ²

4.2.4 楼盖结构应具有适宜的舒适度。楼盖结构的竖向振动频率不宜小于 3Hz，竖向振动加速度峰值不应大于表 4.2-4 的限值。楼盖结构竖向振动加速度可按现行行业标准《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3 的有关规定计算。

表 4.2-4 楼盖竖向振动加速度限制

人员活动环境	峰值加速度限值 (m/s ²)	
	竖向自振频率不大于 2Hz	竖向自振频率不大于 4Hz
住宅、办公	0.07	0.05
商场及室内连廊	0.22	0.15

【条文说明】：对于钢筋混凝土楼盖结构、钢-混凝土组合楼盖结构（不包括轻钢楼盖结构），一般情况下，楼盖结构竖向频率不宜小于 3Hz，以保证结构具有适宜的舒适度，避免跳跃时周围人群的不舒适。楼盖结构竖向振动加速度不仅与楼盖结构的竖向频率有关，还与建筑使用功能及人员起立、行走、跳跃的振动激励有关。一般住宅、办公、商业建筑楼盖结构的竖向频率小于 3Hz 时，需验算竖向振动加速度。

4.3 抗震等级

4.3.1 缀板式钢管混凝土组合柱结构，其抗震措施应符合现行国家标准《建筑工程抗震设防分类标准》GB50223 和《建筑抗震设计规范》GB50011 的相关规定。

4.3.2 缀板式钢管混凝土组合柱结构应根据设防分类、烈度、结构类型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规定。丙类建筑的抗震等级应按表 4.3-1 确定。

表 4.3-1 缀板式钢管混凝土组合柱结构抗震等级

结构类型		设防烈度							
		6 度		7 度			8 度		
缀板式钢管混凝土组合柱框架、缀板式钢管混凝土组合柱框架-支撑(钢板墙)	房屋高度 (m)	≤24	>24	≤24	>24		≤24	>24	
	缀板式钢管混凝土组合柱框架	四		四	三		三	二	
缀板式钢管混凝土组合柱框架-剪力墙	房屋高度 (m)	≤80	>80	≤24	25~80	>80	≤24	25~80	>80
	缀板式钢管混凝土组合柱框架	四	三	四	三	二	三	二	一
	钢板混凝土组合墙	四		四	三	二	三	二	一
缀板式钢管混凝土组合剪力墙	房屋高度 (m)	≤80	>80	≤24	25~80	>80	≤24	25~80	>80
	钢板混凝土组合墙	四		四	三		三	二	

注: 1 本标准中“一、二、三、四级”即抗震等级为一、二、三、四级的简称。

2 接近或等于高度分界时,应允许结合房屋不规则程度及场地、地基条件确定抗震等级;

3 一般情况,构件的抗震等级应与结构相同;当某个部位各构件的承载力均满足 2 倍地震作用组合下的内力要求时,7~8 度的构件抗震等级应允许按降低一度确定;

4 结构中的钢梁、钢柱抗震等级可按钢结构构件确定,设防烈度为 6 度、7 度、8 度时分别应取四、三、二。

4.4 构件承载力设计

4.4.1 缀板式钢管混凝土组合柱结构构件应按承载力极限状态和正常使用极限状态进行设计。

4.4.2 当按承载力极限状态设计时应考虑荷载效应的基本组合,必要时尚应考虑荷载效应的偶然组合。荷载和材料强度均采用设计值。结构的承载力应包括构件和连接的强度、结构和构件的稳定性。处于抗震设防地区的结构,尚应按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB50011 和其他有关标准的规定进行结构构件和连接的抗震承载力计算。

承载力计算应满足下列公式的要求:

当不考虑地震情况下 $\gamma_0 S \leq R$

当考虑多遇地震作用时 $S_E \leq R / \gamma_{RE}$

式中 γ_0 ——结构重要性系数，按现行国家标准《建筑结构可靠度设计统一标准》

GB50068 的规定选取，对一般工业与民用建筑缀板式钢管混凝土组合柱结构的安全等级取二级，设计使用年限取 50 年；

S ——不考虑多遇地震作用时，荷载效应组合的设计值；

S_E ——考虑多遇地震作用时，荷载和地震作用效应组合的设计值；

R ——承载力设计值；

γ_{RE} ——承载力抗震调整系数，对矩形钢管混凝土构件，按表 4.4-1 的规定选用。

表 4.4-1 承载力抗震调整系数

构件名称	梁	柱	支撑	节点板	连接焊缝	连接螺栓
γ_{RE}	0.75	0.80	0.80	0.85	0.9	0.85

注：当仅计算竖向地震作用时，承载力抗震调整系数 γ_{RE} 宜取 1.0。

【条文说明】：本条针对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》GB 50153 和《建筑抗震设计规范》GB 50011 保持一致。

4.4.3 正常使用极限状态设计应考虑荷载效应的标准组合，采用荷载标准值、组合值和变形容许值进行计算。

4.5 建筑形体及结构布置的规则性

4.5.1 缀板式钢管混凝土组合柱结构的平面布置宜规则、对称，并应具有良好的整体性；建筑的立面宜规则，结构的侧向刚度沿高度宜均匀变化，竖向抗侧力构件的截面尺寸和材料强度宜自下而上逐渐减小，应避免抗侧力结构的侧向刚度和承载力突变。

4.5.2 缀板式钢管混凝土组合柱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。

【条文说明】：缀板式钢管混凝土组合柱结构和其他构件组成的结构体系，与其他的结构一样，应符合结构抗震设计的一般要求，即在平面上结构布置宜整齐规则，力求满足平面布置规则性的要求；竖向上，满足竖向规则性的布置。

4.5.3 抗震设计的框架-支撑（钢板墙）结构中，支撑、钢板墙板宜沿建筑高度竖向连续布置，并应延伸至计算嵌固端。除底部楼层和伸臂桁架所在楼层外，支撑的形式和布置沿建筑竖向

宜一致。支撑无法连续时应适当增加错开支撑并加强错开支撑之间的上下楼层水平刚度。

4.5.4 结构布置宜与建筑相协调，梁柱布置宜注意梁柱与墙体的关系，避免在室内露梁露柱，可将 L 形柱作为角柱，T 型柱作为边柱，十字形柱作为中柱。

【条文说明】：缀板式钢管混凝土组合柱结构体系注意和建筑使用的协调性。应避免在室内露梁露柱，影响建筑实用功能。

4.6 缀板式钢管混凝土组合柱的基本规定

4.6.1 缀板式钢管混凝土组合柱由中心方钢管、端部矩形钢管、缀板、内填混凝土组成，组合柱截面形式可以是 L 型、T 型、十字型。缀板式钢管混凝土组合柱如图 4. 6-1 所示：

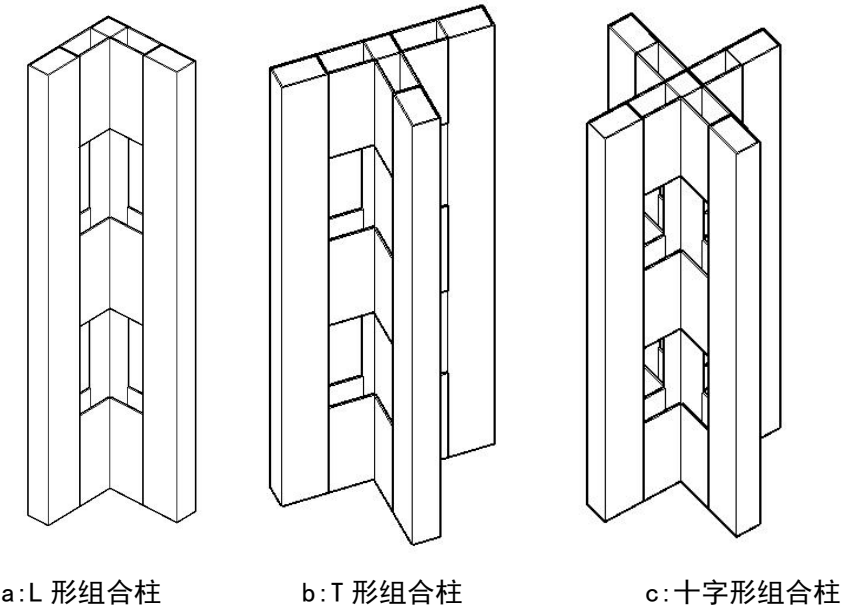


图 4. 6-1 缀板式钢管混凝土组合柱示意图

4.6.2 缀板式钢管混凝土组合柱各柱肢截面的边长比不宜大于 2，组合柱的中柱肢为方钢管，端柱肢为方钢管或矩形钢管。组合柱缀板沿柱身等距布置，缀板总长度不小于柱身长度的 60%，缀板与各柱肢进行焊接，焊接方式可采用对接焊或贴板角焊缝，缀板厚度与钢管壁厚相等，同时端柱肢及缀板应对称布置。当采用贴板角焊缝，缀板与柱肢的搭接长度不宜小于 30mm。缀板布置方式如图 4. 6-2 所示。

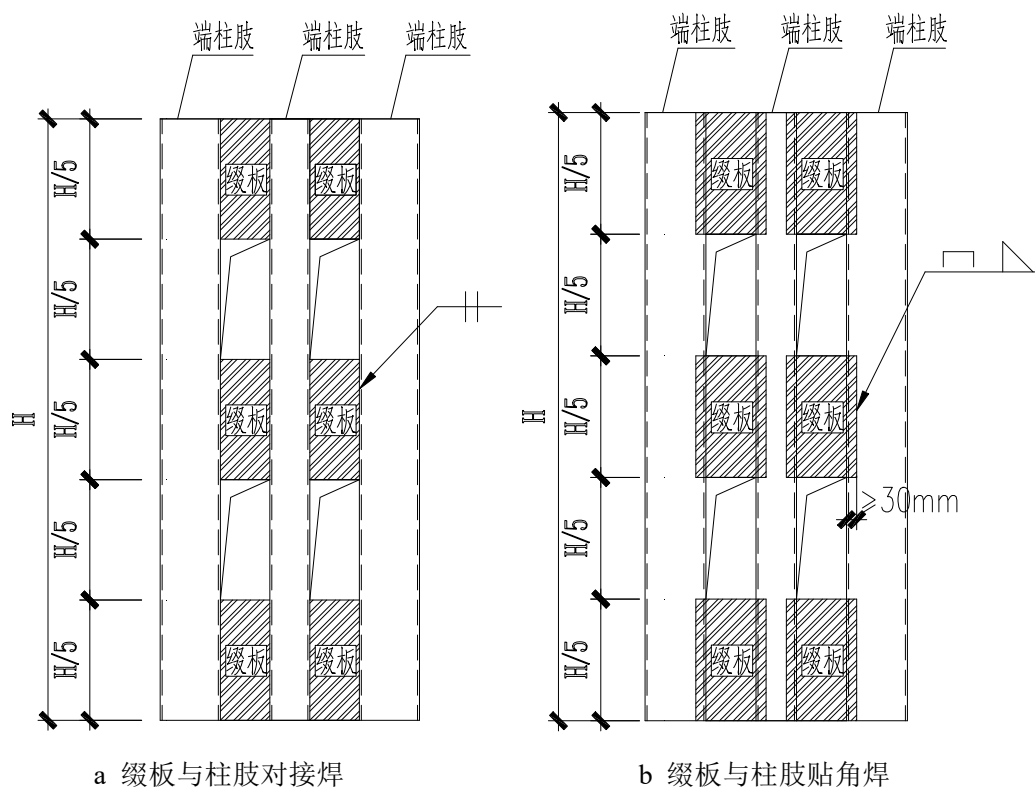
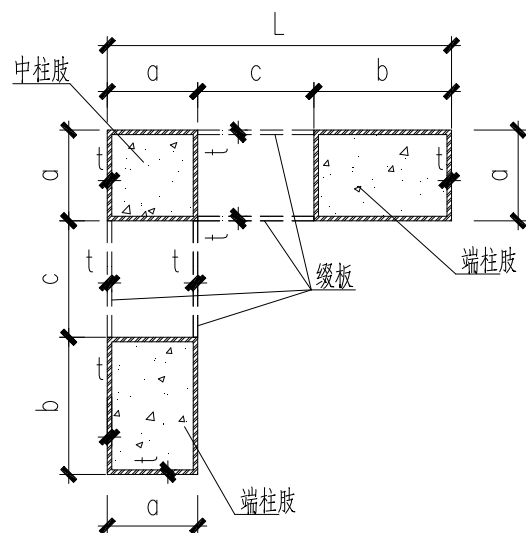


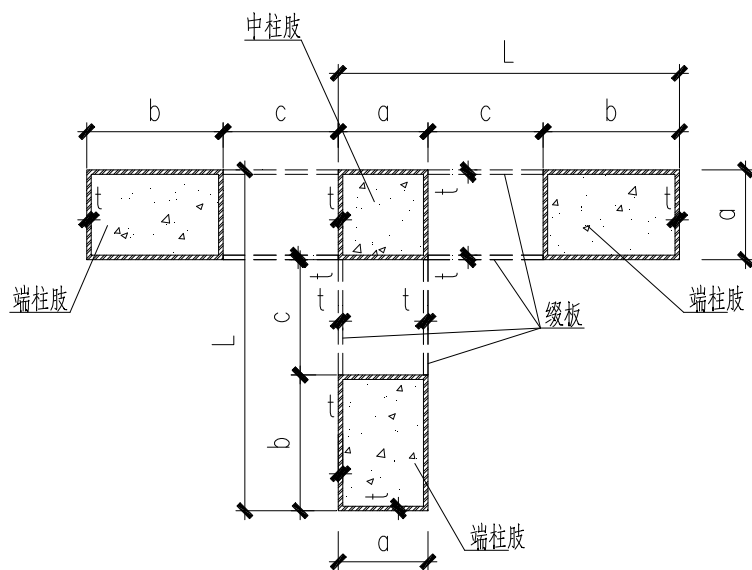
图 4.6-2 缀板式钢管混凝土组合柱缀板布置示意图

【条文说明】：青岛理工大学已经完成了 33 件缀板式钢管混凝土组合柱实验研究，包括 10 个轴心受压实验、9 个偏心受压实验、11 个低周水平往复荷载实验及 3 个两层框架水平往复荷载实验。组合柱构件的轴心受压实验、偏心受压实验和水平低周往复荷载实验，分别通过改变缀板面积及布置方式来研究组合柱的抗压能力、抗弯能力和抗震性能。通过轴压及偏压实验研究发现，组合柱有良好的抗压、抗弯及塑性变形能力；通过低周往复实验发现，试件滞回曲线饱满，具有良好的耗能能力。同时，通过两层框架水平往复荷载实验，研究框架的节点受力状态、破坏过程和耗能能力，证明了缀板式钢管混凝土组合柱框架结构有良好的抗震性能，满足“强节点弱构件、强柱弱梁”的抗震要求。同时通过轴压及偏压实验发现缀板面积自 40% 增加到 80% 时其轴压及偏压承载力变化很小，增幅约为 2%~3%；通过低周往复实验发现缀板面积自 40% 增加到 60% 时组合柱抗震性能提高明显，缀板面积自 60% 增加到 80% 时组合柱抗震性基本一致。通过上述实验，可以发现组合柱有良好的抗压、抗弯及抗震性能，同时缀板面积为 60% 时组合柱受力性能及经济性最为合理。

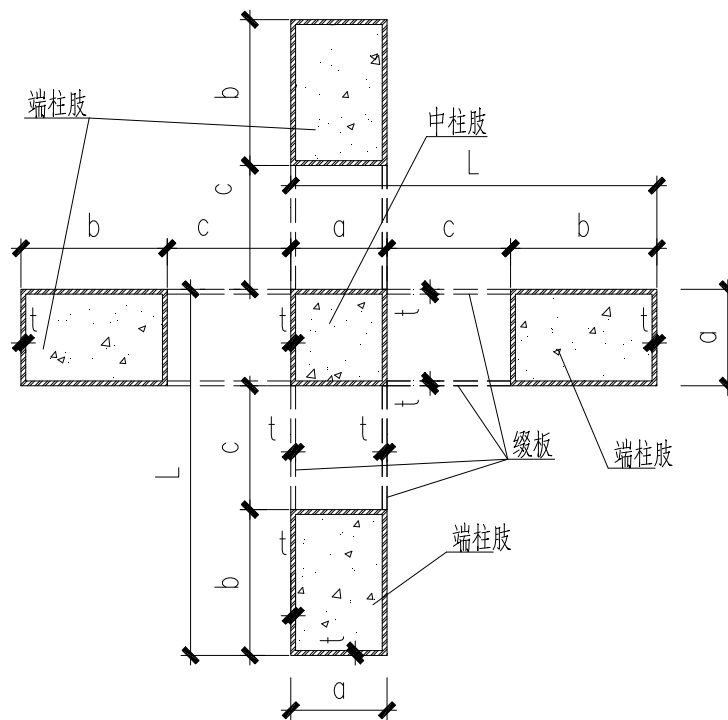
4.6.3 缀板式钢管混凝土组合柱各柱肢及缀板截面尺寸范围详表 4.6-1，组合柱截面尺寸示意图如图 4.6-3 所示：



a:L形组合柱



b:T形组合柱



c: 十字形组合柱

图 4.6-3 缀板式钢管混凝土组合柱截面尺寸示意图

表 4.6-1 缀板式钢管混凝土组合柱尺寸范围 (mm)

柱子形式	分支长度 (L)	中柱肢 (方钢管)	端柱肢 (方钢管或矩形管)		钢管/缀板 厚度 (t)	缀板宽度 (c)
		宽度/长度 (a)	宽度 (a)	长度 (b)		
L 形组合柱	400~800	150~200	150~200	150~300	6~14	150~300
T 形组合柱	450~800	150~200	150~200	150~300	6~14	150~300
十字形组合柱	400~800	150~200	150~200	150~300	6~14	150~300

4.6.4 缀板式钢管混凝土组合柱在受压工作状态下钢管中混凝土的工作承担系数 α_c 应控制

在 0.1~0.7 之间。 α_c 按下式计算：

$$\alpha_c = \frac{f_c A_c}{f A_s + f_c A_c} \quad 4.6.4-1$$

f_c 、 f ——混凝土、钢材的抗压强度设计值；

A_c 、 A_s ——管内混凝土、钢管的截面面积。

【条文说明】：本条参考《矩形钢管混凝土结构技术规程》CECS159，主要为保证构件具有

较好的延性。

4.6.5 抗震设计时，房屋高度大于 50m 或设防烈度为 8 度时，缀板式钢管混凝土组合柱结构在下部 1/3 建筑高度宜采用连续缀板式钢管混凝土组合柱（如图 4.6-4 所示）；在楼层位置宜采取构造措施增加缀板式钢管混凝土组合柱的抗扭转能力。

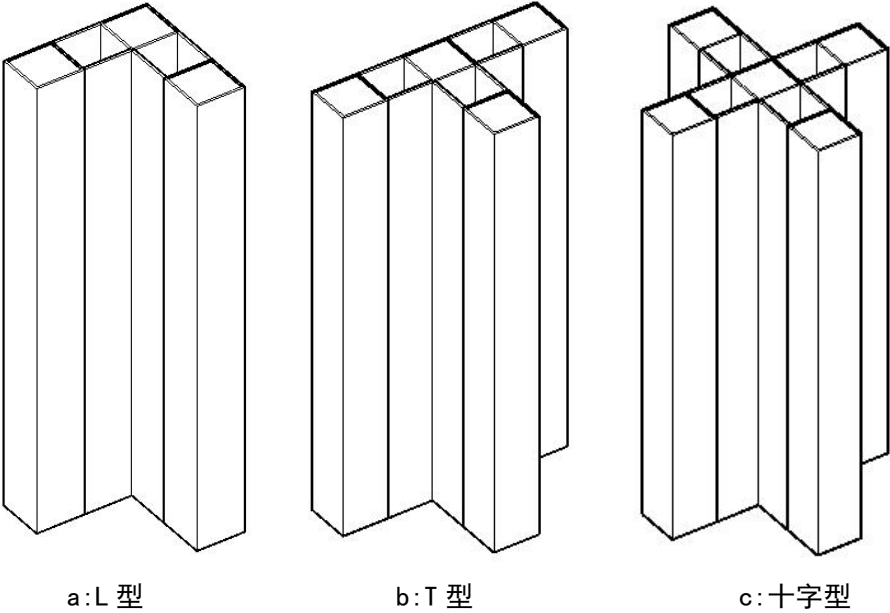


图 4.6-4 连续缀板式钢管混凝土组合柱示意图

【条文说明】：抗震设计时，底部先出现塑性铰，为保证底部出构件现塑性铰后具有足够大的延性，应对出现塑性铰的部位进行加强，故建议使用实体柱进行加强。同时考虑到组合柱为异形柱，截面抗扭转刚度相对弱，需对楼层位置组合柱进行构造加强。

4.6.6 缀板式钢管混凝土组合柱各肢柱轴压比不应大于表 4.6-2 限值。

表 4.6-2 缀板式钢管混凝土组合柱结构适用的轴压比限值

结构类型	柱类型	抗震等级			
		一级	二级	三级	四级
缀板式钢管混凝土组合柱框架、缀板式钢管混凝土组合柱框架-支撑（钢板墙）	框架柱	0.65	0.75	0.85	0.95
缀板式钢管混凝土组合柱框架-剪力墙	框架柱	0.7	0.8	0.9	0.95

【条文说明】：本条轴压比参考《钢管混凝土结构技术规范》GB50936，本条文在计算轴压比时考虑钢管的贡献，即轴压比是指重力荷载代表值作用下组合柱受的轴压力设计值与组合柱的钢材的截面面积和屈服强度设计值乘积和混凝土的截面面积和轴心抗压强度设计值乘积之和的比值。

4.6.7 在每个楼层的柱均应设置直径为 20mm 的排气孔。其位置宜在柱与楼板相交处的上方和下方各 100mm 处。

【条文说明】：开孔主要作用是：浇筑混凝土时排气，保证混凝土密实。另外发生火灾时，钢管内混凝土会有水蒸气产生，该孔有排除水蒸气的作用。

4.7 组合墙的基本规定

4.7.1 缀板式钢管混凝土组合墙由矩形钢管及连续缀板组成，其中矩形钢管与连续缀板交替排列，两者通过焊接连接。矩形钢管边长比不宜大于 2，连续缀板宽度宜与矩形钢管长边尺寸相同，当连续缀板宽度大于 400mm 时宜在连续缀板内侧焊接栓钉或加劲肋等构造措施。缀板式钢管混凝土组合墙钢管壁厚度不宜小于 6mm 且连续缀板与矩形钢管壁厚等厚。钢管混凝土组合墙构造示意如图 4.7-1 所示：

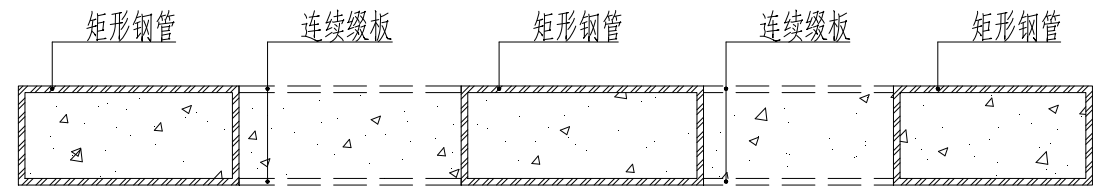


图 4.7-1 缀板式组合剪力墙构造示意图

4.7.2 波形钢板混凝土组合墙由波形钢板、内填混凝土、对拉螺栓和边缘构件组成，其中波形钢板宜采用非对称梯形波折形式，波形钢板厚度不应小于 4mm。波形钢板混凝土组合墙构造示意如图 4.7-2 所示

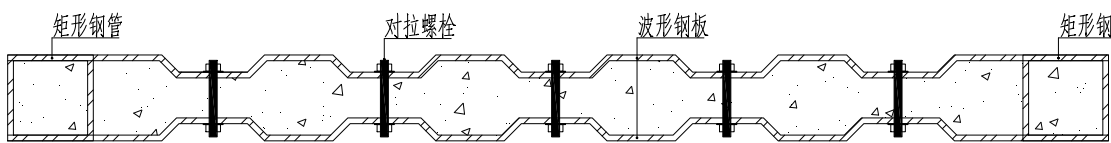


图 4.7-2 波形钢板混凝土组合剪力墙构造示意图

4.7.3 缀板式钢管混凝土组合墙和波形钢板混凝土组合墙可以根据建筑需要采用一字形、L 形、T 形、十字形、Z 形、工字形及 C 形等布置方式。

4.7.4 L 形、T 形、十字形、Z 形、工字形及 C 形组合墙体厚度不宜小于 150mm，一字形墙体厚度不应小于 150mm。组合墙中边缘构件的钢管壁厚不应小于 8mm，且应比相邻构件钢板厚度大 2mm。

5 结构分析

5.1 一般规定

5.1.1 缀板式钢管混凝土组合柱结构的荷载及荷载组合应符合现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009、《建筑抗震设计规范》GB 50011 的有关规定。

5.1.2 结构分析时,应根据结构类型、材料性能和受力特点等采用弹性或弹塑性分析方法。在竖向荷载、风荷载以及多遇地震作用下的内力和变形分析,可采用线弹性静力方法或线弹性动力方法;罕遇地震作用下的变形分析,应根据结构的特点,采用弹塑性时程分析或静力弹塑性分析方法。

【条文说明】:多遇地震作用下的内力和变形分析是对结构地震反应、截面承载力验算和变形验算最基本的要求。按现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的规定,建筑物当遭受不低于本地区抗震设防烈度的多遇地震影响时,主体结构不受损坏或不需修理可继续使用,与此相应,结构在多遇地震作用下的反应分析的方法,截面抗震验算,以及层间弹性位移的验算,都是以线弹性理论为基础。因此,本条规定,当建筑结构进行多遇地震作用下的内力和变形分析时,可假定结构与构件处于弹性工作状态。

现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 同样也规定:当建筑物遭受高于本地区抗震设防烈度的罕遇地震影响时,不致倒塌或者发生危及生命的严重破坏。高层民用建筑钢结构抗侧力系统相对复杂,有可能发生应力集中和变形集中,严重时会导致重大的破坏甚至倒塌的危险,因此,本条也提出了弹塑性变形采用弹塑性分析方法的要求。

5.1.3 弹性分析时,宜考虑钢梁与现浇混凝土楼板的共同作用,同时构造上应保证钢梁与楼板有可靠连接,可计入钢筋混凝土楼板对钢梁惯性矩的增大作用。梁两侧均有楼板时,梁的刚度可取钢梁惯性矩的 1.5 倍;仅一侧有楼板时,梁的惯性矩可取钢梁惯性矩的 1.2 倍;弹塑性分析时,不考虑楼板与钢梁的共同作用。

【条文说明】:钢筋混凝土楼板与钢梁连接可靠时,楼板可作为钢梁的翼缘,两者共同工作,计算钢梁截面的惯性矩时,可计入楼板的作用。大震时,楼板可能开裂,不计入楼板对钢梁刚度的增大作用。

5.1.4 结构分析时,可选择平面结构空间协同、空间杆系、空间杆-薄壁杆系、空间杆-墙板元及其他组合有限元等计算模型。体型复杂、结构布置复杂的建筑结构应采用至少两个不同力学模型的结构分析软件进行整体计算,并进行比较,选择合理的计算结果作为设计依据。

【条文说明】:体型复杂、结构布置复杂的建筑结构应采用至少两个不同力学模型的结构分析软件进行整体计算分析,可以互相比较和分析,以保证力学分析结果的可靠性。在计算机软件广泛使用的条件下,除了要选择使用可靠的计算机软件外,还应对计算结果从力学概念和工程经验等方面加以分析判断,确认其合理性和可靠性。

5.1.5 结构计算中不应计入非结构构件对结构承载力和刚度的有利作用。

5.1.6 计算各振型地震影响系数所采用的结构自振周期，应考虑非承重填充墙体的刚度影响予以折减。当非承重墙体为填充轻质砌块、填充轻质墙板或外挂墙板时，自振周期折减系数可取 0.9~1.0。

5.1.7 缀板式钢管混凝土组合结构的整体稳定性应符合下列规定：

1 缀板式钢管混凝土组合柱框架结构应满足下式要求：

$$D_i \geq 5 \sum_{j=1}^n G_j / h_i (i = 1, 2, \dots, n) \quad 5.1.7-1$$

2 缀板式钢管混凝土组合柱框架-支撑结构、缀板式钢管混凝土组合柱框架-钢板墙结构、缀板式钢管混凝土组合柱框架-剪力墙结构：

$$EJ_d \geq 1.0 H^2 \sum_{i=1}^n G_i \quad 5.1.7-2$$

式中： D_i ——第 i 楼层的抗侧刚度 (kN / mm)，可取该层剪力与层间位移的比值； h_i ——第 i 楼层层高 (mm)；

G_i 、 G_j ——分别为第 i 、 j 楼层重力荷载设计值 (kN)，取 1.3 倍的永久荷载标准值与 1.5 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 ($\text{kN} \cdot \text{mm}^2$)，可按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。

【条文说明】： 本条参考《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ99，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。在水平力作用下，缀板式钢管混凝土组合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。

5.1.8 高层缀板式钢管混凝土组合结构整体计算中，当地下室顶板作为上部结构嵌固端部位时，地下一层与首层侧向刚度比不应小于 2。

【条文说明】： 本条参考《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ3 给出作为结构分析模型嵌固部位的刚度要求。计算地下室结构楼层侧向刚度时，可考虑地上结构以外的地下室相关部位的结构，“相关部位”一般指地上结构外扩不超过三跨的地下室范围。

5.2 结构弹性分析

5.2.1 结构体系的弹性分析方法可用于正常使用极限状态和承载能力极限状态作用效应的分析。

5.2.2 结构弹性分析模型应根据实际情况确定，应能准确反映结构的刚度和质量分布以及各构件的实际受力状况，并应符合下列规定：

对缀板式钢管混凝土组合柱框架-钢板混凝土组合墙结构，框架可采用梁单元，连梁和边柱可采用梁单元，钢板-混凝土组合墙可采用刚度等效的墙单元。

5.2.3 缀板式钢管混凝土组合结构弹性分析时，所选取得分析模型应能较准确地反映结构中各构件的实际受力状况。

5.2.4 结构弹性阶段的内力和位移计算时，钢管混凝土柱及钢板-混凝土组合墙的截面刚度取值应符合下列规定：

$$\text{轴向刚度: } EA = E_s A_s + E_c A_c$$

$$\text{弯曲刚度: } EI = E_s I_s + E_c I_c$$

$$\text{剪切刚度: } GA = G_s A_s + G_c A_c$$

式中 E_s 、 E_c ——钢材、混凝土弹性模量；

G_s 、 G_c ——钢材、混凝土剪切模量；

I_s 、 I_c ——组合构件外围钢管、内部区域混凝土的截面惯性矩；

A_s 、 A_c ——组合构件外围钢管、内部区域混凝土的截面面积。

【条文说明】：现行国家、行业标准对于钢-混凝土组合构件的计算刚度均取钢部分的刚度与混凝土部分的刚度之和，本标准亦采用相同原则。

5.2.5 组合柱框架-支撑（钢板墙）结构、组合柱框架-钢板混凝土组合墙结构的框架部分按刚度分配计算得到的地震层剪力应乘以调整系数，达到不小于结构总地震剪力的 25% 和框架部分计算最大层剪力 1.8 倍二者的较小值。

【条文说明】：本条参考《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ99，依据多道防线的概念设计，钢框架-支撑结构、钢框架-延性墙板结构体系中，支撑框架、带延性墙板的框架是第一道防线，在强烈地震中支撑和延性墙板先屈服，内力重分布使框架部分承担的地震剪力增大，二者之和大于弹性计算的总剪力。如果调整的结果框架部分承担的地震剪力不适当增大，则不是“双重抗侧力体系”，而是按刚度分配的结构体系。按美国 IBC 规范的要求，框架部分的剪力调整不小于结构总地震剪力的 25% 则可以认为是双重抗侧力体系了。

5.2.6 缀板式钢管混凝土组合柱结构的阻尼比应符合以下规定：

1、在多遇地震作用下，房屋高度不大于 50m 时结构阻尼比可取 0.04；房屋高度大于 50m 小于 100m 时结构阻尼比可取 0.035；房屋高度不小于 100m 结构阻尼比可取 0.03。

2、风荷载作用下内力和变形计算时，阻尼比可取 0.02~0.03；

3、风振舒适度验算时，阻尼比可取 0.01~0.015。

【条文说明】：对照国外的研究成果和有关标准，要求高层民用建筑钢结构应具有良好的使用条件，满足舒适度的要求。一般情况下，验算风振舒适度时，对房屋高度小于 100m 的钢结构阻尼比取 0.015，对房屋高度大于 100m 的钢结构阻尼比取 0.01。

5.2.7 抗震设计时，框架-剪力墙结构的框架部分按侧向刚度分配的楼层地震剪力标准值应符合下列规定：

1 框架部分分配的楼层剪力标准值的最大值不宜小于结构底部总地震剪力标准值的 10%；

2 当框架部分分配的地震剪力标准值的最大值小于结构底部总地震剪力标准值的 10%时，各层框架部分承担的地震剪力标准值应增大到底部总地震剪力标准值的 15%；此时，各层剪力墙的地震剪力标准值宜乘以增大系数 1.1，但可不大于结构底部总地震剪力标准值，墙体的抗震构造措施应按抗震等级提高一级后采用。

3 当框架部分分配的地震剪力标准值小于结构底部总地震剪力标准值的 25%，但其最大值不小于结构底部总地震剪力标准的 10%时，应按结构底部总地震剪力标准值的 25%和框架部分楼层地震剪力标准值中最大值的 1.8 倍二者的较小值进行调整。

【条文说明】：本条参考《高层建筑混凝土技术规程》JGJ3、《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ99 相关规定。

5.2.8 抗震等级为一级的钢板混凝土组合墙的底部加强部位以上的部位，墙肢的组合弯矩设计值和组合剪力设计值应乘以增大系数，弯矩增大系数取 1.2 剪力增大系数取 1.3。

【条文说明】：本条参考《高层建筑混凝土技术规程》JGJ3，底部加强部位的高度可取底部两层和墙体总高度的 1/10 二者的较大值，剪力墙墙肢的塑性铰一般出现在底部加强部位。对于一级抗震等级的剪力墙，为了更有把握实现塑性铰出现在底部加强部位，保证其他部位不出现塑性铰，因此要求增大一级抗震等级剪力墙底部加强部位以上部位的弯矩设计值，为了实现强剪弱弯设计要求，弯矩增大部位剪力墙的剪力设计值也应相应增大。

5.3 结构弹塑性分析

5.3.1 缀板式钢管混凝土组合柱结构弹塑性分析时，应考虑构件的下列变形：

1 梁的弹塑性弯曲变形，柱在轴力和弯矩作用下的弹塑性变形，支撑的弹塑性轴向变形，钢板混凝土组合墙的弹塑性剪切变形，消能梁段的弹塑性剪切变形；

2 宜考虑梁柱节点域的弹塑性剪切变形；

3 采用消能减震设计时尚应考虑消能器的弹塑性变形,隔震结构尚应考虑隔震支座的弹塑性变形。

【条文说明】:结构弹塑性分析主要的是薄弱层的弹塑性变形分析,本条参考《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ99 相关规定。

5.3.2 缀板式钢管混凝土组合柱结构弹塑性分析时,应符合下列规定:

1 房屋高度不超过 100m 时,可采用静力弹塑性分析方法;高度为 100m~150m 时,可视结构不规则程度选择静力弹塑性分析法或弹塑性时程分析法;

2 结构构件上应作用重力荷载代表值,其效应应与水平地震作用产生的效应组合,分项系数可取 1.0;(构件弹塑性力学模型的初始受力状态应为结构重力荷载代表值作用下的状态)

3 应计入重力荷载二阶效应的影响;

4 宜采用空间计算模型;

5.3.3 罕遇地震作用下进行结构弹塑性计算时,结构阻尼比可取 0.05。

5.3.4 钢柱、钢梁、屈曲约束支撑及偏心支撑消能梁段恢复力模型的骨架线采用符合实际的弹塑性模型,钢板-混凝土组合墙可采用刚度等效的墙单元,钢板墙的计算模型可简化为正交各向异性板单元。

【条文说明】:结构材料的本构关系直接影响弹塑性分析结果,选择时应特别注意。同时弹塑性计算结果还与分析软件的计算模型以及结构阻尼选取、构件破损程度衡量、有限元的划分有关,存在较多的人为因素和经验因素。因此,弹塑性计算分析首先要了解分析软件的适应性,选用适合于所设计工程的软件,然后对计算结果的合理性进行分析判断。工程设计中有时会遇到计算结果出现不合理或怪异现象,需要结构工程师与软件编制人员共同研究解决。

5.3.5 采用静力弹塑性分析法进行罕遇地震作用下的变形计算时,应符合下列规定:

1 可在结构的各主轴方向分别施加单向水平力进行静力弹塑性分析;

2 水平力可作用在各层楼盖的质心位置,可不考虑偶然偏心的影响;

3 结构的每个主轴方向宜采用不少于两种水平力沿高度分布模式,其中一种可与振型分解反应谱法得到的水平力沿高度分布模式相同;

4 采用能力谱法时,需求谱曲线可由现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的地震影响系数曲线得到,或由建筑场地的地震安全性评价提出的加速度反应谱曲线得到。

【条文说明】:采用静力弹塑性分析方法时,可用能力谱法或其他有效的方法确定罕遇地震时结构层间弹塑性位移角,可取两种水平力沿高度分布模式得到的层间弹塑性位移角的较大值作为罕遇地震作用下该结构的层间弹塑性位移角。

5.3.6 采用弹塑性时程分析法进行罕遇地震作用下的变形计算,应符合下列规定:

1 一般情况下,采用单向水平地震输入,在结构的各主轴方向分别输入地震加速度时程;

对体型复杂或特别不规则的结构，宜采用双向水平地震或三向地震输入；

2 地震波的选取应符合《建筑抗震设计规范》GB50011 的有关规定。

6 构件设计

6.1 一般规定

6.1.1 本章适用于缀板式钢管混凝土组合柱的强度和稳定设计。给出了缀板式钢管混凝土组合柱的强度、稳定的计算公式，以及缀板抗剪承载力计算公式。

6.1.2 缀板式钢管混凝土组合柱结构体系中梁、板、墙等构件的设计，除符合本规程外，尚应符合国家现行相关标准的规定。

6.2 缀板式钢管混凝土组合柱轴压设计

6.2.1 缀板式矩形钢管混凝土组合柱（包括 L 形、T 形和十字形，见图 6.2.1）的轴压承载力 N 应按下列公式计算：

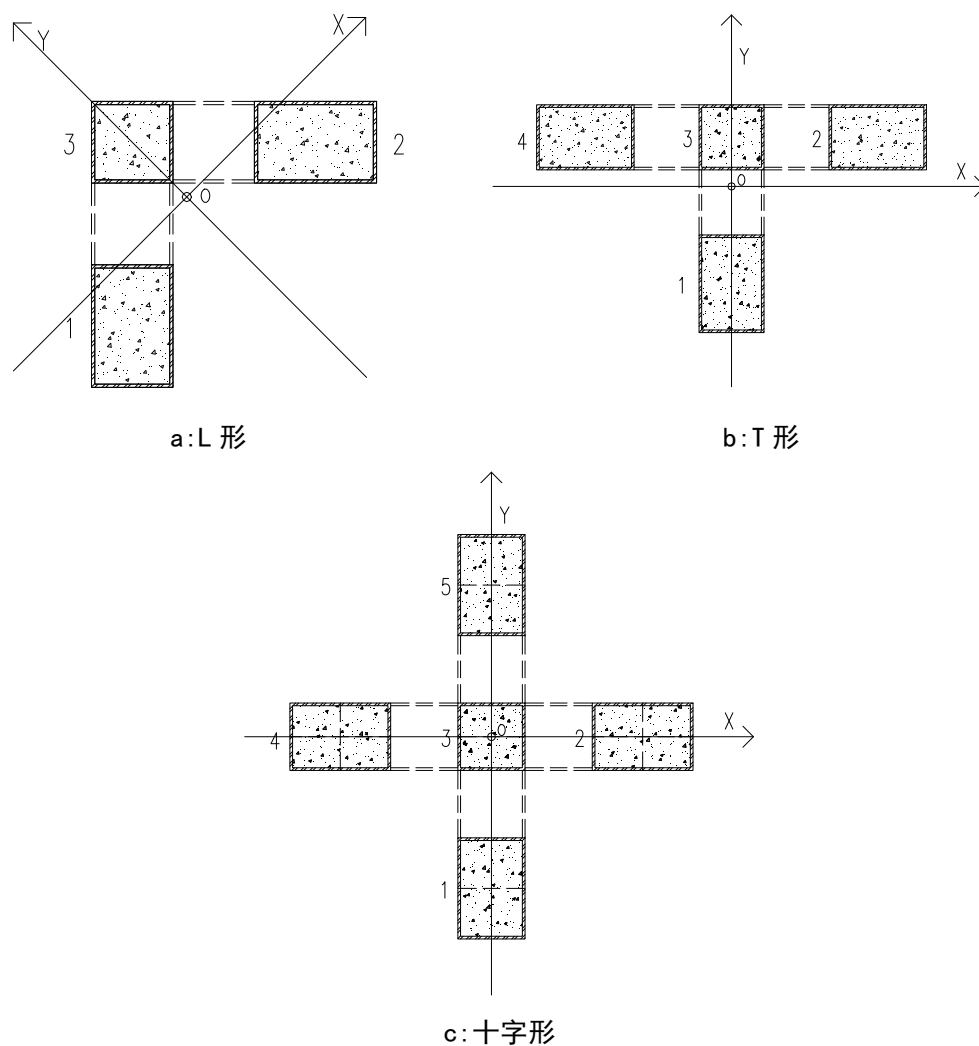


图 6.2.1 缀板式钢管混凝土组合柱

$$N \leq N_u \quad (6.2.1-1)$$

$$N_u = \sum N_{ui} \quad (6.2.1-2)$$

$$N_{ui} = \varphi_{\min} N_{oi} \quad (6.2.1-3)$$

$$N_{oi} = f A_{si} + f_c A_{ci} \quad (6.2.1-4)$$

$$\varphi_{\min} = \min\{\varphi_{oi}\} \quad (6.2.1-5)$$

式中： N_u ——缀板式钢管混凝土组合柱轴压稳定承载力设计值；

N_{ui} ——缀板式钢管混凝土组合柱各柱肢压稳定承载力设计值（对于 L 形 $i=1,2,3$ ，对于 T 形 $i=1,2,3,4$ ，对于十字形 $i=1,2,3,4,5$ ）；

N_{oi} ——缀板式钢管混凝土组合柱各柱肢压承载力设计值；

A_{ci} ——组合柱中柱肢 i 的混凝土截面面积；

A_{si} ——组合柱中柱肢 i 的钢管截面面积；

f_c ——混凝土抗压强度设计值；

f ——钢材抗拉强度设计值；

φ_{oi} ——缀板式钢管混凝土组合柱各柱肢的稳定系数，详见附录 B；

$\varphi_{\min}$ ——缀板式钢管混凝土组合柱各柱肢的稳定系数的最小值；

【条文说明】：在计算缀板式钢管混凝土组合柱轴压承载力时，考虑各分肢钢管混凝土柱的组合作用，计算各分肢钢管混凝土柱稳定性以分肢柱最小稳定系数作为所有肢柱的稳定系数。在进行分肢计算时参考《矩形钢管混凝土结构技术规程》CECS159 中关于轴压的计算公式。

各种截面的缀板式钢管混凝土组合柱轴压公式计算值、有限元模拟值和实验值汇总与附表。其中计算值小于有限元模拟值，有限元模拟值小于实验值。

6.3 缀板式钢管混凝土组合柱压弯设计

6.3.1 对于 L 形缀板式钢管混凝土组合柱，当任意一个偏心压力 P 作用时，可将偏心压力 P 拆分为轴心压力 N 、绕 X 轴的弯矩 M_x 和绕 Y 轴的弯矩 M_y （见图 6.3.1-1）。

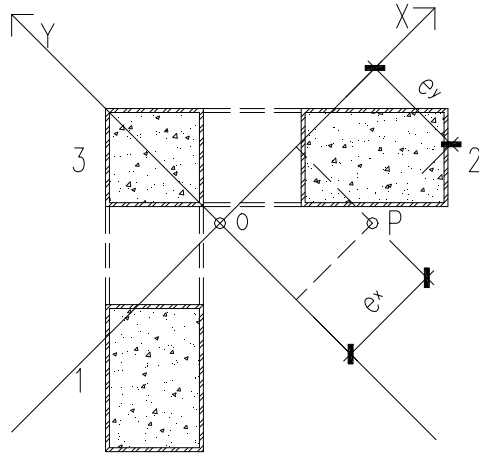


图 6.3.1-1 偏心压力

$$N = P \quad (6.3.1-1)$$

$$M_x = Pe_y \quad (6.3.1-2)$$

$$M_y = Pe_x \quad (6.3.1-3)$$

e_x 、 e_y ——为偏心压力 P 到 x 轴和 y 轴上的距离；

其承载力应按下列公式计算：

对于轴心压力 N 的作用，各柱肢所承担的轴心压力为（见图 6.3.1-2）：

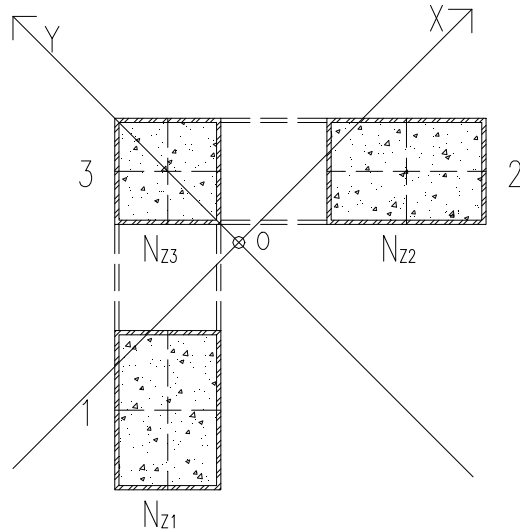


图 6.3.1-2 轴心压力作用

$$\begin{cases} N_{z1} = \frac{N_{u1}}{N_u} N \\ N_{z2} = \frac{N_{u2}}{N_u} N \\ N_{z3} = \frac{N_{u3}}{N_u} N \end{cases} \quad (6.3.1-5)$$

式中： N_{z1} 、 N_{z2} 、 N_{z3} ——分别为在轴心压力作用下各柱肢所承担的轴心压力；

对于弯矩 M_x 的作用（见图 6.3.1-3）：

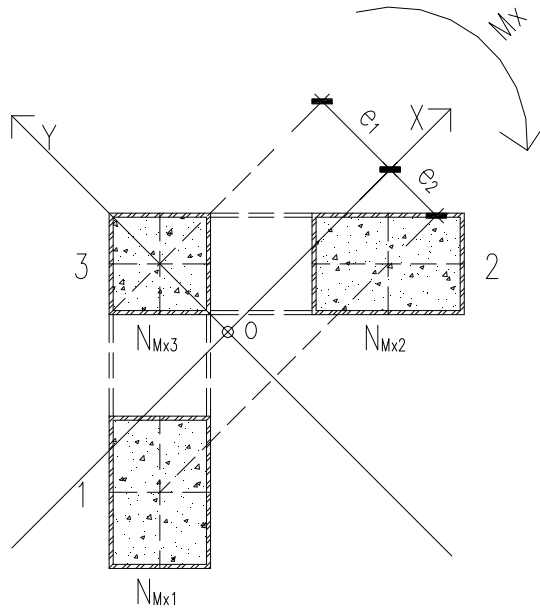


图 6.3.1-3 弯矩 M_x 作用

$$\begin{cases} N_{Mx1} + N_{Mx2} + N_{Mx3} = 0 \\ M_x = (N_{Mx1} + N_{Mx2})e_2 - N_{Mx3}e_1 \\ N_{Mx1} = N_{Mx2} \end{cases} \quad (6.3.1-6)$$

由此得到

$$\begin{cases} N_{Mx1} = N_{Mx2} = \frac{M_x}{2(e_1 + e_2)} \\ N_{Mx3} = -\frac{M_x}{e_1 + e_2} \end{cases} \quad (6.3.1-7)$$

式中： N_{Mx1} 、 N_{Mx2} 、 N_{Mx3} ——弯矩 M_x 作用下各柱肢所产生的的轴心压力或拉力；

e_1 、 e_2 ——为分柱肢形心到形心坐标 x 轴的垂直距离, 详见附录 C；

当 N_{Mx3} 为负值、边肢柱截面长宽比大于 1.35 且 $M / N \geq 0.25m$ 时， N_{Mx3} 取

$$-1.3 \frac{M_x}{e_1 + e_2}。$$

对于弯矩 M_y 的作用（见图 6.3.1-4）：

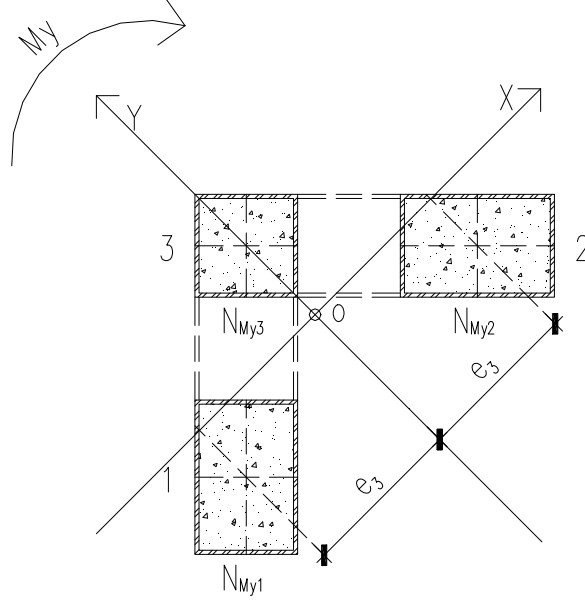


图 6.3.1-4 弯矩 M_y 作用

$$\begin{cases} N_{My1} + N_{My2} + N_{My3} = 0 \\ M_y = N_{My1}e_3 - N_{My2}e_3 \\ N_{My3} = 0 \end{cases} \quad (6.3.1-8)$$

由此得到

$$\begin{cases} N_{My1} = \frac{M_y}{2e_3} \\ N_{My2} = -\frac{M_y}{2e_3} \end{cases} \quad (6.3.1-9)$$

式中： N_{My1} 、 N_{My2} 、 N_{My3} ——弯矩 M_y 作用下各柱肢所产生的的轴心压力或拉力；

e_3 ——为分柱肢形心到形心坐标 y 轴的垂直距离；详见附录 C；

对柱肢 i ($i=1\sim 3$) 分别进行如下验算：

当 $N_{zi} + N_{Mxi} + N_{Myi} \geq 0$ 时，

$$N_{zi} + N_{Mxi} + N_{Myi} \leq N_{ui} \quad (6.3.1-10)$$

当 $N_{zi} + N_{Mxi} + N_{Myi} < 0$ 时，

$$|N_{zi} + N_{Mxi} + N_{Myi}| \leq fA_{si} \quad (6.3.1-11)$$

6.3.2 对于 T 形缀板式钢管混凝土组合柱，当任意一个偏心压力 P 作用时，可将偏心压力 P 拆分为轴心压力 N 、绕 X 轴的弯矩 M_x 和绕 Y 轴的弯矩 M_y 。其承载力应按下列公式计算（见图 6.3.2-1）：

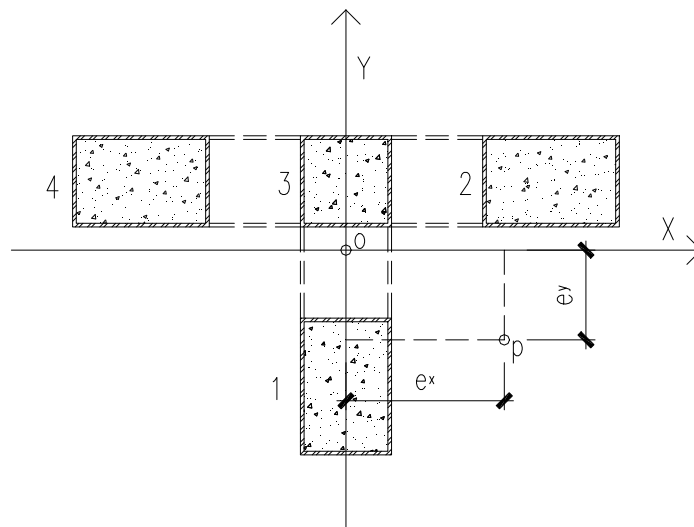


图 6.3.2-1 偏心压力

$$N = P \quad (6.3.2-1)$$

$$M_x = Pe_y \quad (6.3.2-2)$$

$$M_y = Pe_x \quad (6.3.2-3)$$

e_x 、 e_y —为偏心压力 P 到 x 轴和 y 轴上的距离；

对于轴心压力 N 的作用，各柱肢所承担的轴心压力为（见图 6.3.2-2）：

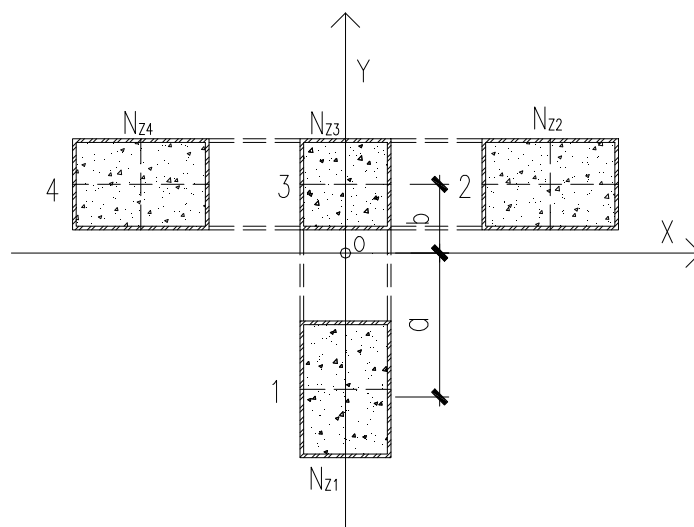


图 6.3.2-2 轴心压力作用

$$\begin{cases} N_{z1} = \frac{N_{u1}}{N_u} N \\ N_{z2} = \frac{N_{u2}}{N_u} N \\ N_{z3} = \frac{N_{u3}}{N_u} N \\ N_{z4} = \frac{N_{u4}}{N_u} N \end{cases} \quad (6.3.2-4)$$

式中： N_{z1} 、 N_{z2} 、 N_{z3} 、 N_{z4} 一分别为在轴心压力作用下各柱肢所承担的轴心压力；

对于弯矩 M_x 的作用（见图 6.3.2-3）：

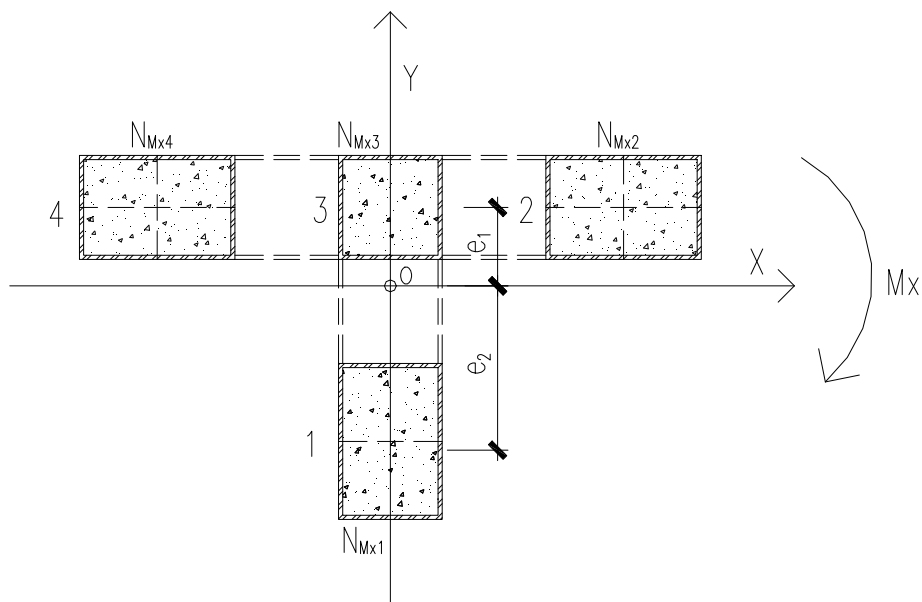


图 6.3.2-3 弯矩 M_x 作用

$$\begin{cases} N_{Mx1} + N_{Mx2} + N_{Mx3} + N_{Mx4} = 0 \\ M_x = N_{Mx1}e_2 - (N_{Mx1} + N_{Mx2} + N_{Mx3})e_1 \\ N_{Mx2} = N_{Mx4} = \alpha N_{Mx3} \\ \alpha = \frac{A_{s3}f + A_{c3}f_c}{A_{s2}f + A_{c2}f} \end{cases} \quad (6.3.2-5)$$

由此得到

$$\begin{cases} N_{Mx1} = \frac{M_x}{e_1 + e_2} \\ N_{Mx2} = N_{Mx4} = -\frac{M_x}{(2 + \alpha)(e_1 + e_2)} \\ N_{Mx3} = \frac{N_{Mx2}}{\alpha} \end{cases} \quad (6.3.2-6)$$

式中： N_{Mx1} 、 N_{Mx2} 、 N_{Mx3} 、 N_{Mx4} ——弯矩 M_x 作用下各柱肢所产生的轴心压力或拉力；

α —— 缀板式矩形钢管混凝土组合柱中肢轴压承载力设计值与分肢轴压承载力设计值的比值

e_1 、 e_2 ——为分柱肢形心到形心坐标 x 轴的垂直距离, 详见附录 C;

对于弯矩 M_y 的作用 (见图 6.3.2-4) :

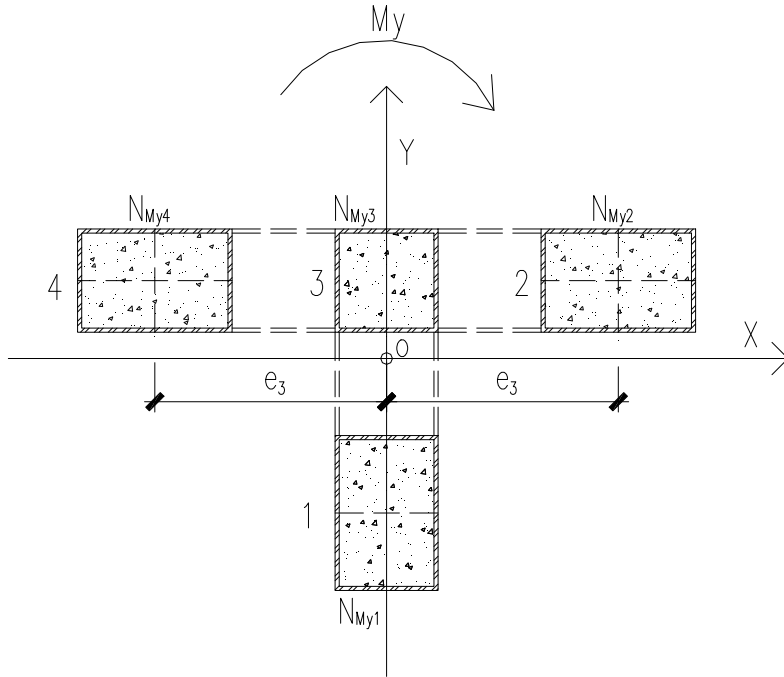


图 6.3.2-4 弯矩 M_y 作用

$$\begin{cases} N_{My1} + N_{My2} + N_{My3} + N_{My4} = 0 \\ M_y = N_{My2}e_3 - N_{My4}e_3 \\ N_{My1} = N_{My3} = 0 \end{cases} \quad (6.3.2-7)$$

由此得到

$$\begin{cases} N_{My2} = \frac{M_y}{2e_3} \\ N_{My4} = -\frac{M_y}{2e_3} \end{cases} \quad (6.3.2-8)$$

式中： N_{My1} 、 N_{My2} 、 N_{My3} 、 N_{My4} ——弯矩 M_y 作用下各柱肢所产生的的轴心压力或拉力；

e_3 ——为分柱肢形心到形心坐标 y 轴的垂直距离；

对柱肢 i ($i=1\sim 4$) 分别进行如下验算：

当 $N_{zi} + N_{Mxi} + N_{Myi} \geq 0$ 时，

$$N_{zi} + N_{Mxi} + N_{Myi} \leq N_{ui} \quad (6.3.2-9)$$

当 $N_{zi} + N_{Mxi} + N_{Myi} < 0$ 时，

$$|N_{zi} + N_{Mxi} + N_{Myi}| \leq fA_{si} \quad (6.3.2-10)$$

6.3.3 对于十字形缀板式钢管混凝土组合柱，当任意一个偏心压力 P 作用时，可将偏心压力 P 拆分为轴心压力 N 、绕 X 轴的弯矩 M_x 和绕 Y 轴的弯矩 M_y 。其承载力应按下列公式计算

(见图 6.3.3-1)：

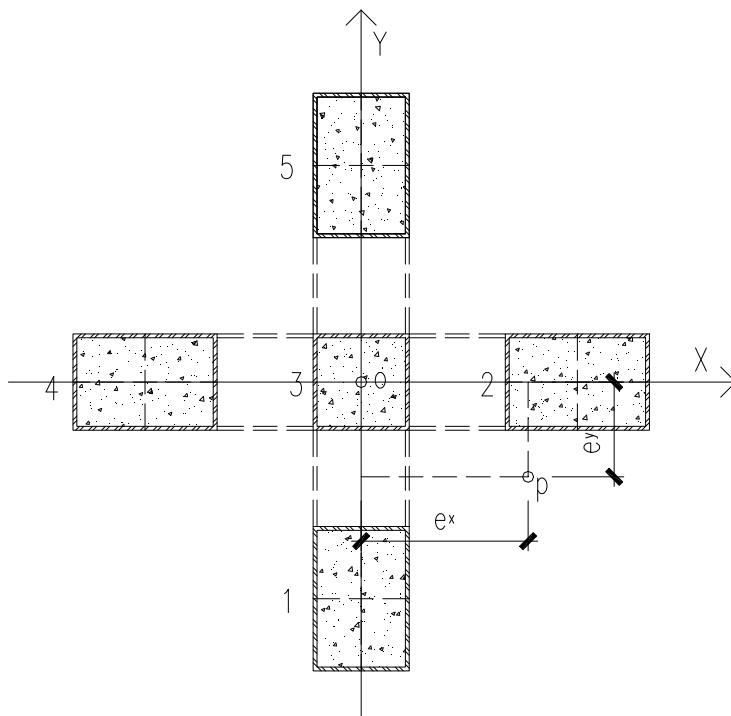


图 6.3.3-1 偏心压力

$$N = P \quad (6.3.3-1)$$

$$M_x = Pe_y \quad (6.3.3-2)$$

$$M_y = Pe_x \quad (6.3.3-3)$$

当轴心压力 N 作用时，各柱肢所承担的轴心压力为（见图 6.3.3-2）：

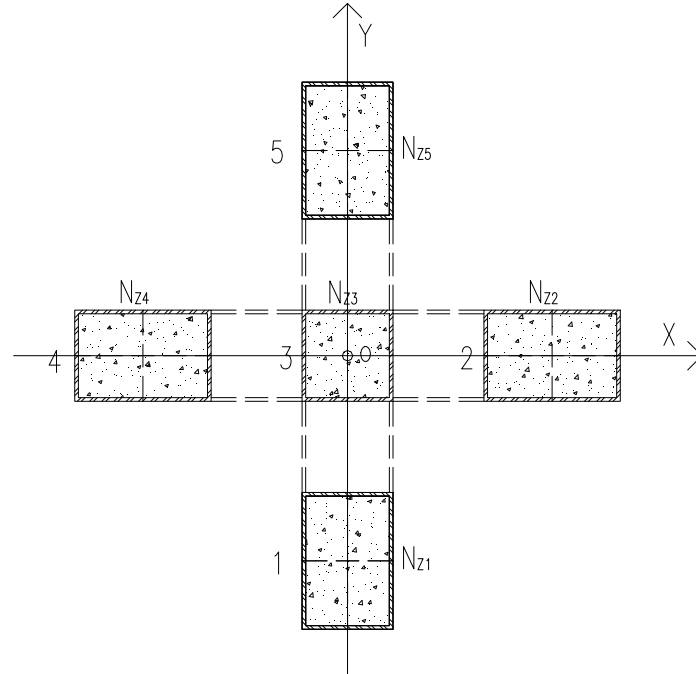


图 6.3.3-2 轴心压力作用

$$\begin{cases} N_{z1} = \frac{N_{u1}}{N_u} N \\ N_{z2} = \frac{N_{u2}}{N_u} N \\ N_{z3} = \frac{N_{u3}}{N_u} N \\ N_{z4} = \frac{N_{u4}}{N_u} N \\ N_{z5} = \frac{N_{u5}}{N_u} N \end{cases} \quad (6.3.3-4)$$

式中： N_{z1} 、 N_{z2} 、 N_{z3} 、 N_{z4} 、 N_{z5} ——分别为在轴心压力作用下各柱肢所承担的轴心压力；

对于弯矩 M_x 的作用（见图 6.3.3-3）：

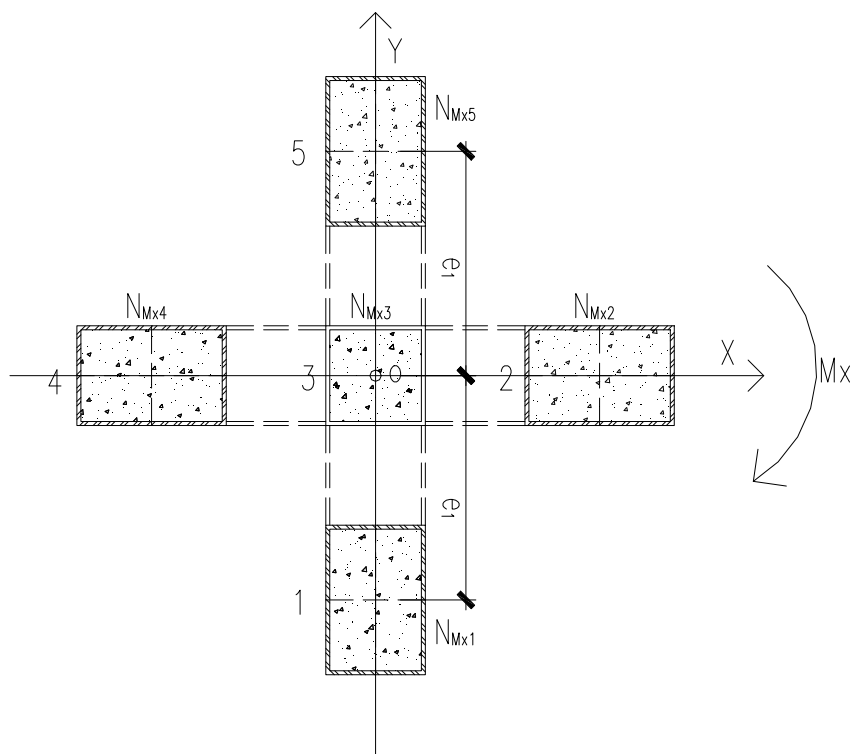


图 6.3.3-3 弯矩 M_x 作用

$$\begin{cases} N_{Mx1} + N_{Mx2} + N_{Mx3} + N_{Mx4} + N_{Mx5} = 0 \\ M_x = (N_{Mx1} - N_{Mx5})e_1 \\ N_{Mx2} = N_{Mx3} = N_{Mx4} = 0 \end{cases} \quad (6.3.3-5)$$

由此得到

$$\begin{cases} N_{Mx1} = \frac{M_x}{2e_1} \\ N_{Mx5} = -\frac{M_x}{2e_1} \end{cases} \quad (6.3.3-6)$$

式中: N_{Mx1} 、 N_{Mx2} 、 N_{Mx3} 、 N_{Mx4} 、 N_{Mx5} —弯矩 M_x 作用下各柱肢所产生的的轴心压力或拉力;

e_1 ——为分柱肢形心到形心坐标 x 轴的垂直距离;

对于弯矩 M_y 的作用 (见图 6.3.3-4) :

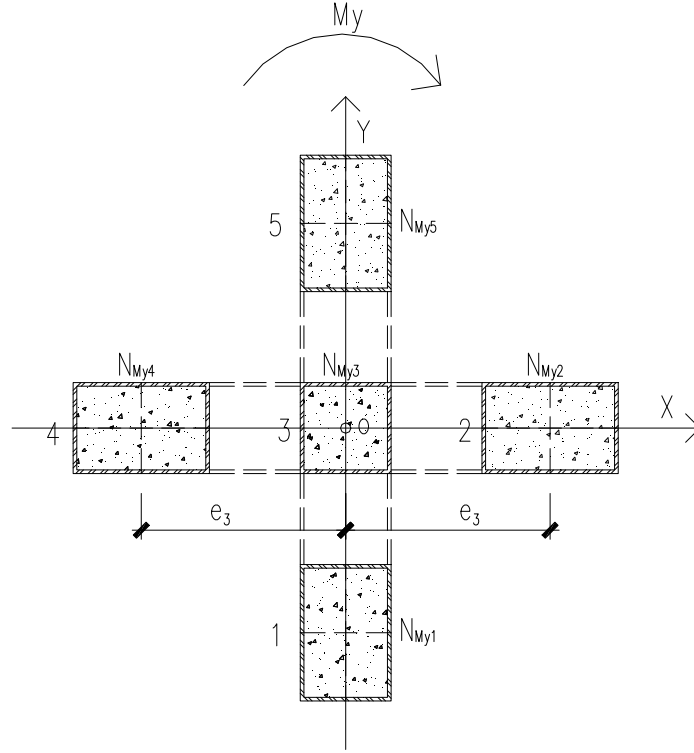


图 6.3.3-4 弯矩 M_y 作用

$$\begin{cases} N_{My1} + N_{My2} + N_{My3} + N_{My4} + N_{My5} = 0 \\ M_y = (N_{My2} - N_{My4})e_3 \\ N_{My1} = N_{My3} = N_{My5} = 0 \end{cases} \quad (6.3.3-7)$$

由此得到

$$\begin{cases} N_{My2} = \frac{M_y}{2e_3} \\ N_{My4} = -\frac{M_y}{2e_3} \end{cases} \quad (6.3.3-8)$$

式中: N_{My1} 、 N_{My2} 、 N_{My3} 、 N_{My4} 、 N_{My5} ——弯矩 M_y 作用下各柱肢所产生的的轴心压力或拉力;

e_3 ——为分柱肢形心到形心坐标 y 轴的垂直距离;

对柱肢 i ($i=1\sim 5$) 分别进行如下验算:

当 $N_{zi} + N_{Mxi} + N_{Myi} \geq 0$ 时,

$$N_{zi} + N_{Mxi} + N_{Myi} \leq N_{ui} \quad (6.3.2-9)$$

当 $N_{zi} + N_{Mxi} + N_{Myi} < 0$ 时,

$$\left| N_{zi} + N_{Mxi} + N_{Myi} \right| \leq f A_{si} \quad (6.3.2-10)$$

【条文说明】：缀板式钢管混凝土组合柱在压弯计算公式应符合下列基本假定：

(1) 各柱肢应变保持平面。实验表明，在钢管的的应力达到屈服强度之前及达到屈服强度后的一定塑性转动范围内，截面的平均应变基本符合平截面假定。因此，按照平截面假定建立判别钢管是否屈服的界限条件和屈服之前的钢管的应力是合理的。平截面假定作为计算手段，即使钢管已达屈服，进入强化阶段时，也是可行的，计算值和实验值符合较好。引用平截面假定可以将各种类型截面在单向或双向受力情况下的正截面承载力计算贯穿起来，提高了计算方法的逻辑性和条理性，使计算公式具有明确的物理概念。

(2) 不考虑混凝土的抗拉强度。在正截面受力分析的时候，分析的是构件在破坏瞬间的状态，也就是钢筋已经屈服的状态。这时混凝土受拉区早已开裂，而一旦开裂，抗拉强度也就为 0 了，故不需要考虑。

(3) 以形心轴代替中和轴进行计算。缀板式钢管混凝土组合柱是由各柱肢通过缀板组合而成，平面不连续。在偏心荷载作用下，缀板式钢管混凝土组合柱达到极限强度时，往往是其中的一个单柱肢首先达到极限强度，其余的柱肢未达到极限状态，组合柱破坏时为单柱肢首先破坏，然后再引起其余柱肢的破坏。根据平截面假定，把每个柱肢上的应变看做是均匀分布的，这样可以把单柱肢的受力状态看做为一个受力点，各受力点集中在单柱肢的形心上，再根据各受力点相对组合柱形心的位置进行建立平衡方程，求解出各受力点力的大小。采用形心轴代替中和轴建立平衡方程为近似方法，可以反映出一定范围内（即第四章中所规定的截面和下文中的偏心距范围）的截面受力状态。使用形心轴计算能够反映出截面实际破坏情况，计算值与实验值符合较好。

对于各种形式的（L 形、T 形、十字形）截面，当偏心压力 P 作用时，可根据截面情况拆分为轴心压力 N 、绕 X 轴的弯矩 M_x 和绕 Y 轴的弯矩 M_y 。当轴力作用时，各分肢柱根据自身的承载能力按照比例分担，当弯矩作用时，根据力矩平衡公式求得各分肢上所承担的轴力。当弯矩作用时，可根据力矩平衡条件，建立平衡方程，求解出各柱肢的受力状态及大小，根据平衡方程可把组合柱的弯矩转化为各分肢柱的轴力。最后，分别对为轴心压力 N 、绕 X 轴的弯矩 M_x 和绕 Y 轴的弯矩 M_y 作用所引起的各柱肢轴力进行汇总叠加，求各柱肢的受力大小，判断出应力比最高的受力柱肢，以应力比最高的柱肢承载能力来确定组合柱的承载能力。

在工程实际应用中，缀板式钢管混凝土组合柱的受力状态以轴心受压和偏心受压为主，根据工程设计数据统计， M/N 的值即偏心距均在 0.5 米以内；通过大量有限元模拟数据分析，当 M/N 的值在 0.5 米范围内，公式计算值与有限元模拟值拟合度较高。当超出此范围后，偏心受压承载力大小的计算值和有限元模拟值的差别相对较大，原因是在偏心距较

大时，截面的中性轴和形心轴的偏离较大，此种计算方法的准确度降低。

各种截面的缀板式钢管混凝土组合柱有限元模拟值和实验值的比较汇总与表 E6.3.1；公式计算值和有限元模拟值的比较汇总与表 E6.3.2。表 E6.3.1 中有限元模拟值和实验值之比小于 1 表示有限元模拟值偏于安全，表 E6.3.1 中公式计算值和有限元模拟值之比小于 1 表示公式计算值偏于安全。由此可得出实验值大于有限元模拟值、有限元模拟值大于公式计算值，表明公式计算值是安全可行的。

表 E6.3.1 有限元模拟值和实验值的比值

序号	承载力	构件数量	最小值	最大值	平均值	方差
1	轴压承载力	4	0.87	0.91	0.88	0.00027
2	压弯承载力	4	0.88	0.92	0.90	0.00025

表 E6.3.2 计算值和有限元模拟值的比值

序号	承载力	构件数量	最小值	最大值	平均值	方差
1	轴压承载力	60	0.85	0.89	0.87	0.00019
2	压弯承载力	2813	0.70	1.02	0.86	0.00563

6.4 缀板式钢管混凝土组合柱缀板抗剪设计

6.4.1 轴心受压构件剪力 V 值可认为沿构件全长不变，缀板式矩形钢管混凝土组合柱（包括 L 形、T 形和十字形）构件的剪力 V 应由承受该剪力的缀板面分担，其值应按下式计算：

$$V = \frac{\sum N_{oi}}{85} \quad (6.4.1-1)$$

$\sum N_{oi}$ ——为全截面屈服荷载；

【条文说明】：轴心受压缀板式钢管混凝土组合柱所受的剪力 V ，采用了 GB50017《钢结构设计标准》中的规定。

6.4.2 计算压弯构件时，应取构件的实际剪力和按本规程式（6.4.1-1）计算的剪力两者较大值进行计算。

6.5 缀板式钢管混凝土组合柱轴压比计算

6.5.1 缀板式钢管混凝土组合柱各肢柱轴压比应按下式计算：

$$n = \frac{N}{\sum N_{oi}} \quad (6.5.1-1)$$

n ——柱肢轴压比；

N ——轴向压力设计值；

7 节点设计

7.1 一般规定

7.1.1 节点构造应符合结构设计假定，同时应保证传力可靠、避免应力集中，并且节点域须有足够的刚度。

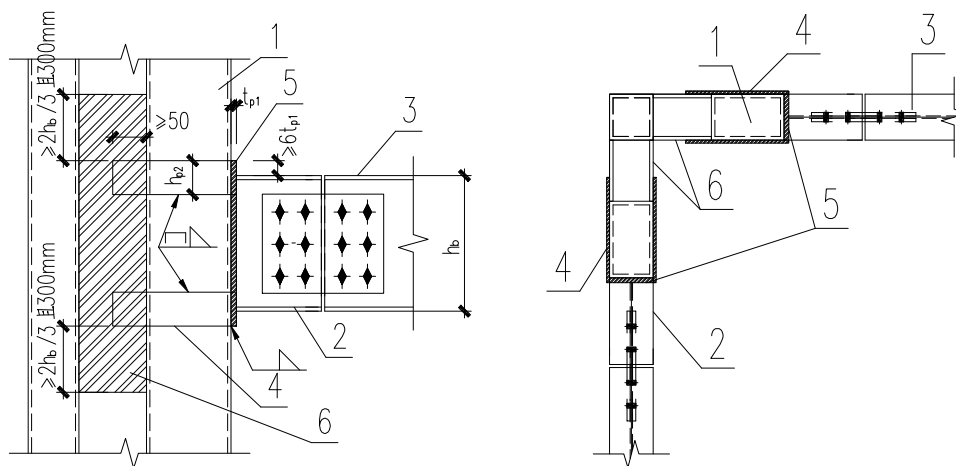
7.1.2 焊缝应结合连接所在部位的重要性、焊缝形式、工作环境及应力状态等情况确定其质量等级。梁、柱的相关连接焊缝质量等级应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB50017、《钢结构焊接规范》GB50661 的规定，对于高层建筑尚应符合现行行业标准《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ99 的规定。上下节组合柱的拼接、组合柱柱脚与底板的连接，其焊缝应全熔透，焊缝质量等级为一级；焊缝的坡口形式和尺寸，宜根据板厚和施工条件按现行国家标准《钢结构焊接规范》GB50661 的要求选用。

7.1.3 钢结构承重构件的螺栓连接，应采用高强螺栓摩擦型连接。考虑罕遇地震时连接滑移，螺栓杆和孔壁接触，极限承载力按承压型连接计算。高强螺栓连接受拉或受剪时的极限承载力，应按现行行业标准《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ99-2015 的规定进行计算。

7.2 缀板式钢管混凝土组合柱梁柱连接

7.2.1 钢梁与缀板式钢管混凝土组合柱的刚性连接，抗弯承载力设计值不应小于钢梁的抗弯承载力设计值，极限抗弯承载力设计值不应小于钢梁的塑性抗弯承载力。

7.2.2 钢梁与缀板式钢管混凝土组合柱的刚性连接，可采用贴板式节点，梁柱节点处缀板应进行构造加强，缀板在梁上下翼缘位置对应处外伸长度不应小于 $2h_b/3$ （ h_b 为钢梁截面高度）及 300mm 最小值，缀板厚度不宜小于 10mm 及钢管厚度两者较小值。端板从钢梁上、下翼缘单侧外伸高度不应小于 $6t_{p1}$ （ t_{p1} 为端板厚度），端板与外贴板采用全熔透焊缝连接，焊缝质量等级不低于二级。外贴板厚度不宜小于组合柱钢管壁厚的 1.2 倍，宽度不应小于钢梁翼缘宽度；外贴板与组合柱应采用三面围焊角焊缝连接；外贴板与缀板搭接长度不应小于 50mm。贴板式节点构造如下图所示：



1 组合柱钢管、2 牛腿、3 钢梁、4 外贴板、5、端板、6、缀板

7.2-1 梁柱贴板式连接示意

7.2.3 钢梁与缀板式钢管混凝土组合柱采用贴板式节点连接时，宜设置牛腿。牛腿与缀板式钢管混凝土组合柱应在工厂焊接，并应符合下列规定：

1 钢梁达到抗弯承载力设计值时，翼缘连接板的轴力应按式 7.2.3-1 计算；钢梁达到全塑性抗弯承载力时，翼缘连接板的轴力应按式 7.2.3-2 计算：

$$N_f = M_e / (h_b + t_{fb}) \quad 7.2.3-1$$

$$N_{fp} = \eta_j M_p / (h_b + t_{fb}) \quad 7.2.3-2$$

N_f ——钢梁达到抗弯承载力设计值时，翼缘连接板的轴力；

N_{fp} ——钢梁达到全塑性抗弯承载力设计值时，翼缘连接板的轴力；

M_e ——钢梁抗弯承载力设计值；

M_p ——钢梁全塑性抗弯承载力；

t_{fb} ——钢梁翼缘厚度；

h_b ——钢梁截面高度；

η_j ——连接系数，当钢梁材质为 Q235 时，取 1.4；当钢梁材质为 Q355 时，取 1.3；

2 贴板式节点的端板厚度应满足承载力要求，单侧外伸高度不应小于 $6t_{p1}$ 。当按构件承载力设计值验算节点的承载力设计值时，按照 7.2.3-3 计算，当按构件屈服承载力验算节点的极限承载力时，按式 7.2.3-4 计算。

$$\left(1 + \frac{A_{bw}}{2A_{bf}}\right) f_{sb} A_{bf} \leq f_{sp1} t_{p1} \left(\frac{4}{\sqrt{3}} \sqrt{d_c t_{p1}} + 2t_{bf}\right) \quad 7.2.3-3$$

$$\alpha_f \left(1 + \frac{A_{bw}}{2A_{bf}}\right) f_{yb} A_{bf} \leq f_{up1} t_{p1} \left(\frac{4}{\sqrt{3}} \sqrt{d_c t_{p1}} + 2t_{bf}\right) \quad 7.2.3-4$$

式中, f_{sb} ——梁钢材抗拉抗压和抗弯强度设计值;

f_{yb} ——梁钢材屈服强度;

f_{sp1} ——端板钢材抗拉抗压和抗弯强度设计值;

t_{p1} ——端板厚度;

d_e ——单根边缘构件的厚度;

A_{bw} ——梁腹板面积;

A_{bf} ——梁受拉翼缘面积;

t_{bf} ——梁翼缘厚度;

α_f ——钢构件连接的连接系数, 钢材牌号为 Q235 时取 1.40, 钢材牌号为 Q355 时或

高于 Q355 时取 1.30, 钢材牌号为 Q355GJ 时或高于 Q355GJ 时取 1.25。

3 贴板式节点的侧板截面及侧板和边缘构件之间的角焊缝应满足承载力要求, 侧板高度不应小于 $6t_{p1}$ 且不应小于 $12t_{p2}$ 。当构件承载力设计值验算节点的受弯承载力设计值时, 侧板厚度按式 (7.2.3-5) 和 (7.2.3-6) 计算, 当按构件屈服承载力验算节点的极限受弯承载力时, 侧板厚度按式 (7.2.3-7) 和 (7.2.3-8) 计算。

$$M_b \leq 2f_{sp2} h_{p2} t_{p2} (h_b - t_{bf}) \quad 7.2.3-5$$

$$M_b \leq f_f^w h_{e2} (l_{w2} + \beta_f l_{p2}) (h_b - t_{bf}) \quad 7.2.3-6$$

$$\alpha M_p \leq 2f_{up2} h_{p2} t_{p2} (h_b - t_{bf}) \quad 7.2.3-7$$

$$\alpha M_p \leq f_u^f h_{e2} (l_{w2} + \beta_f l_{p2}) (h_b - t_{bf}) \quad 7.2.3-8$$

式中, f_{sp2} ——侧板钢材抗拉抗压和抗弯强度设计值;

f_{up2} ——侧板钢材抗拉强度;

f_f^w ——角焊缝强度设计值；

f_u^f ——角焊缝强度；

h_{p2} ——贴板高度；

t_{p2} ——贴板厚度；

h_{e2} ——受拉侧板和边缘构件之间的角焊缝计算厚度；

l_{w2} ——受拉侧板和边缘构件之间的侧面角焊缝长度；

l_{p2} ——受拉侧板和边缘构件之间的正面角焊缝长度；

β_f ——正面角焊缝的强度设计值增大系数，对承受静力荷载和间接承受动力荷载的结构， $\beta_f = 1.22$ ；对直接承受动力荷载的结构， $\beta_f = 1.0$ 。

4 贴板式节点的贴板和边缘构件之间的焊缝应满足承载力要求，当按构件承载力设计值验算节点的受剪承载力设计值时，按式（7.2.3-9）计算，当按构件屈服承载力验算节点的极限受剪承载力时，按式（7.2.3-10）计算。

$$V_b \leq f_f^w h_{ef} (\beta_f l_{wf} + l_{w1}) \quad 7.2.3-9$$

$$\min \left\{ \alpha \frac{M_p}{l_n} + V_{Gb}, \alpha f_{vyw} A_{bw} \right\} \leq f_u^f h_{ef} (\beta_f l_{wf} + l_{w1}) \quad 7.2.3-10$$

式中， V_b ——梁端截面剪力设计值；

V_{Gb} ——梁在重力荷载代表值（9度尚应包括竖向地震作用标准值）作用下，按简支梁分析的梁端截面剪力设计值；

f_{vyb} ——梁钢材屈服抗剪强度，取梁钢材屈服强度的58%；

h_{ef} ——贴板和边缘构件之间角焊缝计算厚度；

l_{wf} ——贴板和边缘构件之间正面角焊缝长度；

l_{w1} ——贴板和边缘构件之间侧面角焊缝长度；

l_n ——梁的净跨。

7.3 缀板式钢管混凝土组合柱柱脚节点

7.3.1 缀板式钢管混凝土组合柱与基础的连接，应符合下列规定：

- 1、柱脚抗弯承载力设计值应大于缀板式钢管混凝土组合柱的弯矩设计值。
- 2、柱脚极限抗弯承载力应大于缀板式钢管混凝土组合柱全塑性抗弯承载力。
- 3、柱脚极限抗拉承载力应大于缀板式钢管混凝土组合柱的塑性抗拉承载力。

7.3.2 缀板式钢管混凝土组合柱的柱脚可采用外露式柱脚、埋入式柱脚或外包式柱脚。

7.3.3 采用外露式柱脚适用于多层组合柱框架结构，并合下列规定：

- 1、三级及以上抗震等级时，柱脚锚栓截面面积不宜小于钢柱下端截面积的 20%。
- 2、柱下剪力可由底板和混凝土之间的摩擦力传递，当剪力大于摩擦力时，可在板底下设置抗剪件传递剪力。
- 3、柱脚锚栓应有足够的埋置深度，当埋置深度受限或锚栓在混凝土中的锚固较长时，则可设置锚板。

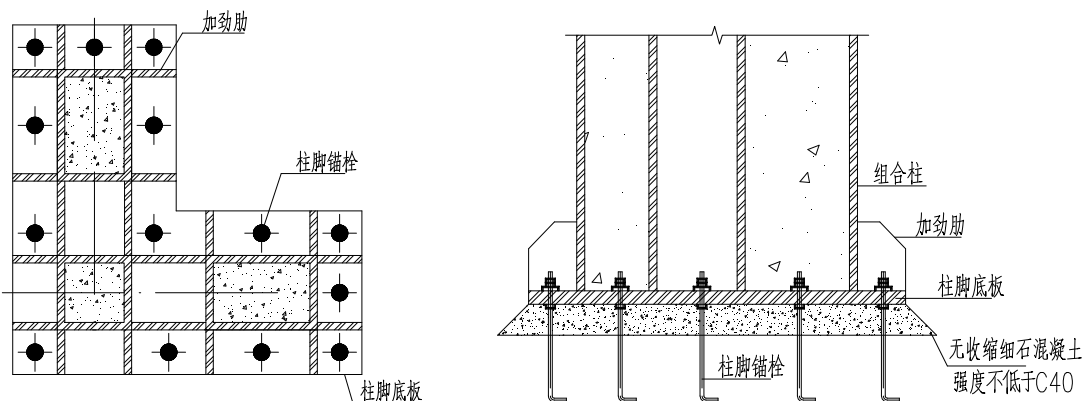


图 7.3-1 外露式柱脚做法

7.3.4 埋入式柱脚是将柱脚埋入混凝土基础内，其设计应符合下列规定：

- 1、柱脚轴向压力由柱脚底板直接传给基础，应按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 验算柱脚底板下混凝土的局部承压，承压面积为底板面积。
- 2、埋入式柱脚的极限受弯承载力不应小于钢柱全塑性抗弯承载力；
- 3、构造要求：
 - 1) 组合柱的埋置深度不应小于分肢截面长边的 2.5 倍；
 - 2) 柱脚底板应设置锚栓与下部混凝土连接；
 - 3) 组合柱埋深范围内应设置栓钉，栓钉直径不宜小于 19mm，水平和竖向间距不宜大于 200mm，边距不宜小于 50mm 且不宜大于 100mm；

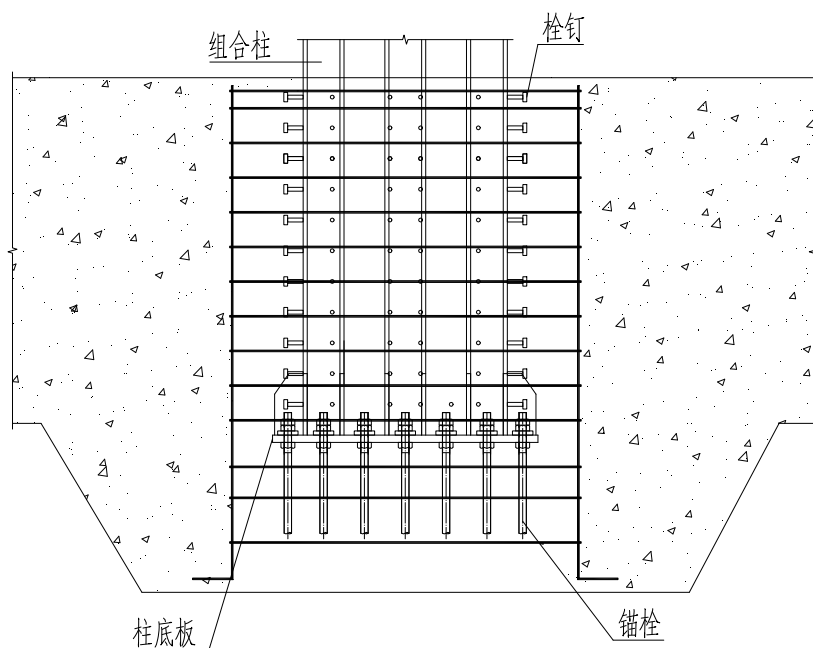


图 7.3-2 埋入式柱脚做法

7.3.5 外包式柱脚外包混凝土内应设置钢筋网片，且在每个柱脚下宜设置抗剪键，柱底板开锚栓孔，与基础用锚栓连接，具体构造如图 7.3-3 所示。

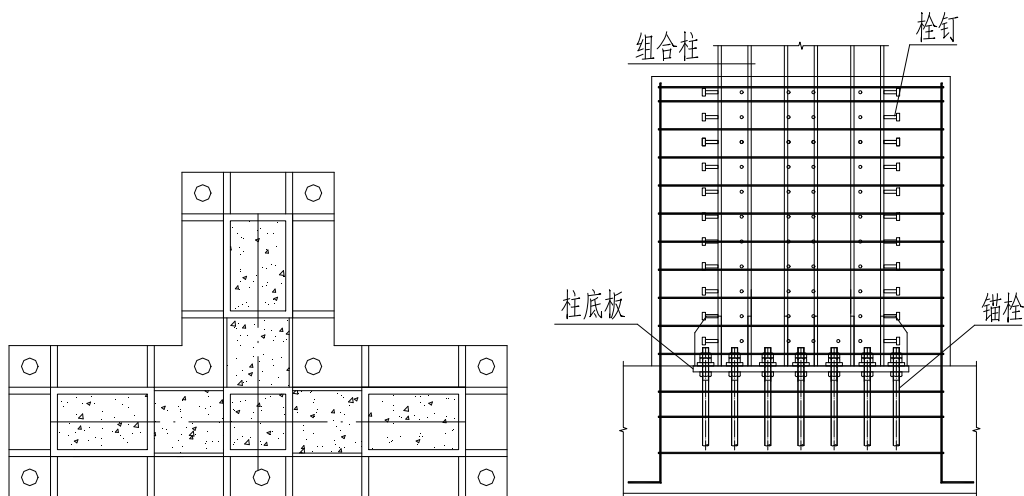


图 7.3-3 外包式柱脚节点构造示意图

1 缀板式钢管混凝土组合柱结构柱脚轴向压力由钢柱底板直接传给基础，按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 验算柱脚底板下混凝土的局部承压，承压面积为底板面积。弯矩和剪力由外包层混凝土和钢柱脚共同承担，且计算方法和构造措施应符合现行行业标准《高层民用钢结构技术规程》JGJ 99 的相关规定。

2 外包式柱脚的构造应符合下列规定：

1) 外包式柱脚底板应位于基础梁或筏板的混凝土保护层内；外包混凝土厚度不宜小于 180mm，同时不宜小于钢柱截面高度的 30%；混凝土强度等级不宜低于 C30；柱脚混凝土外包高度组合柱分肢截面长边的 2.5 倍。

2) 柱脚底板尺寸和厚度应按结构安装阶段荷载作用下轴心力、底板的支承条件计算确

定，其厚度不宜小于 20mm；

3) 柱脚锚栓应按构造要求设置，直径不宜小于 20mm，锚固长度不宜小于其直径的 20 倍；

7.3.6 钢板混凝土组合墙与基础的连接可采用外露式连接，并应符合以下规定：

1、组合墙与底板之间应采用全熔透焊接连接，焊接质量等级不应低于二级；底板与基础之间应采用锚件连接，连接形式如图 7.3-4。

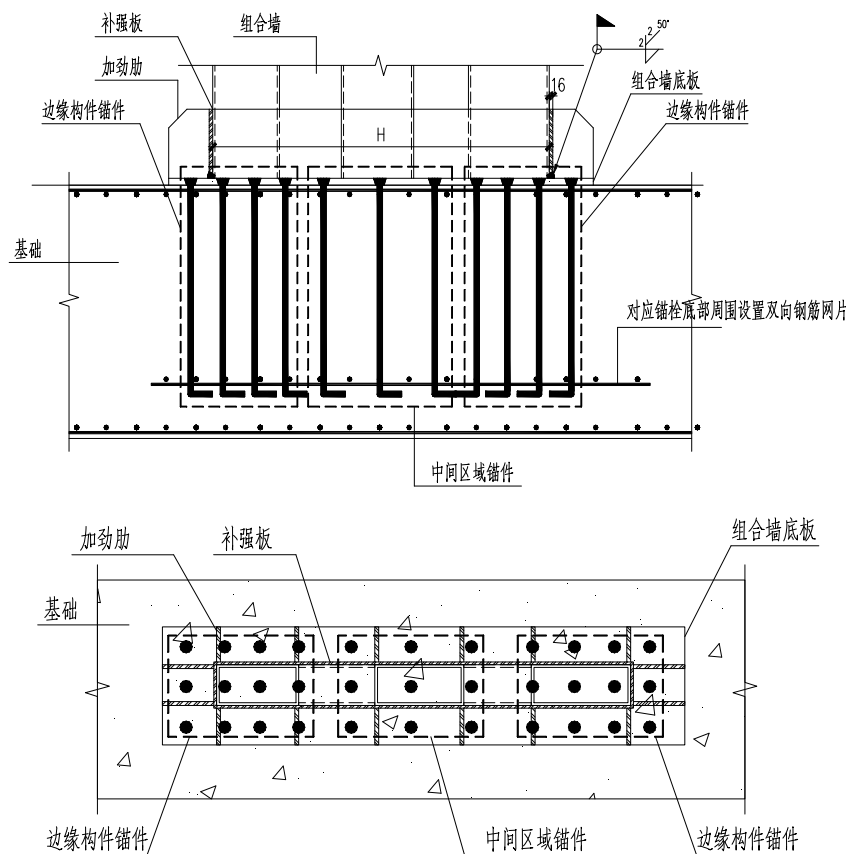


图 7.3-4 组合墙与基础节点构造示意图

2、组合墙底部的剪力可由底板与混凝土之间的摩擦力传递，摩擦系数不宜大于 0.4；当剪力大于底板下的摩擦力时，应设置抗剪键，由抗剪键承受全部剪力。

3、组合墙与基础外露式连接节点应满足下列构造要求：

1) 锚件可采用锚筋、钢板、角钢、槽钢、钢板或其他型钢；当采用锚筋时，材质不宜低于 HRB400，并应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50011 关于埋件的规定；

2) 底板材质不宜低于组合墙钢构件材质；当采用锚筋或锚栓时，底板厚度不宜小于锚栓或锚筋直径的 0.8 倍；

3) 采用锚栓式节点时，边缘构件型钢锚件位置需预留槽，预留槽内和后浇层混凝土宜采用微膨胀自密实混凝土，强度等级宜较基础混凝土提高一级。

7.4 缀板式钢管混凝土组合柱拼接节点

7.4.1 组合柱的拼接处至梁顶面的距离应为 1.2m~1.3m，当上、下组合柱截面尺寸相同时，组合柱拼接可直接对接焊接，也可采用横隔板连接。当采用横隔板连接时，横隔板的厚度不宜小于上下组合柱钢管厚度的较大值加 2mm，且不宜小于 16mm。组合柱采用对接熔透焊拼接时，拼接处上、下柱 250mm 范围内缀板待各柱肢焊接完成后再进行补焊；组合柱采用横隔板连接时，上段组合柱 300mm 范围内缀板待各柱肢焊接完成后再进行补焊。组合柱拼接做法如图 7.4-1、7.4.2。

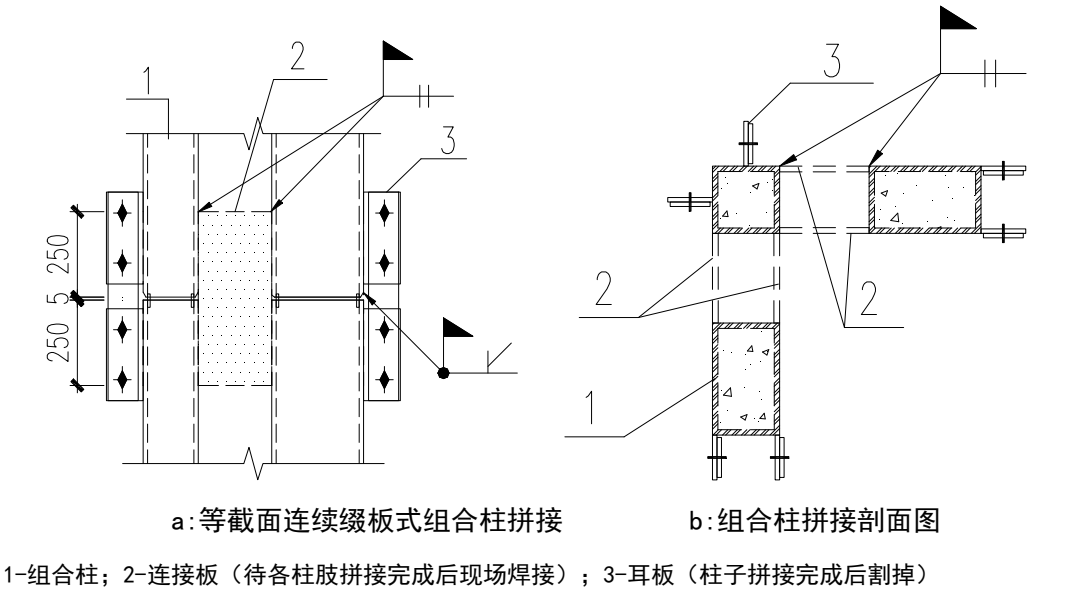


图 7.4-1 组合柱对接拼接做法

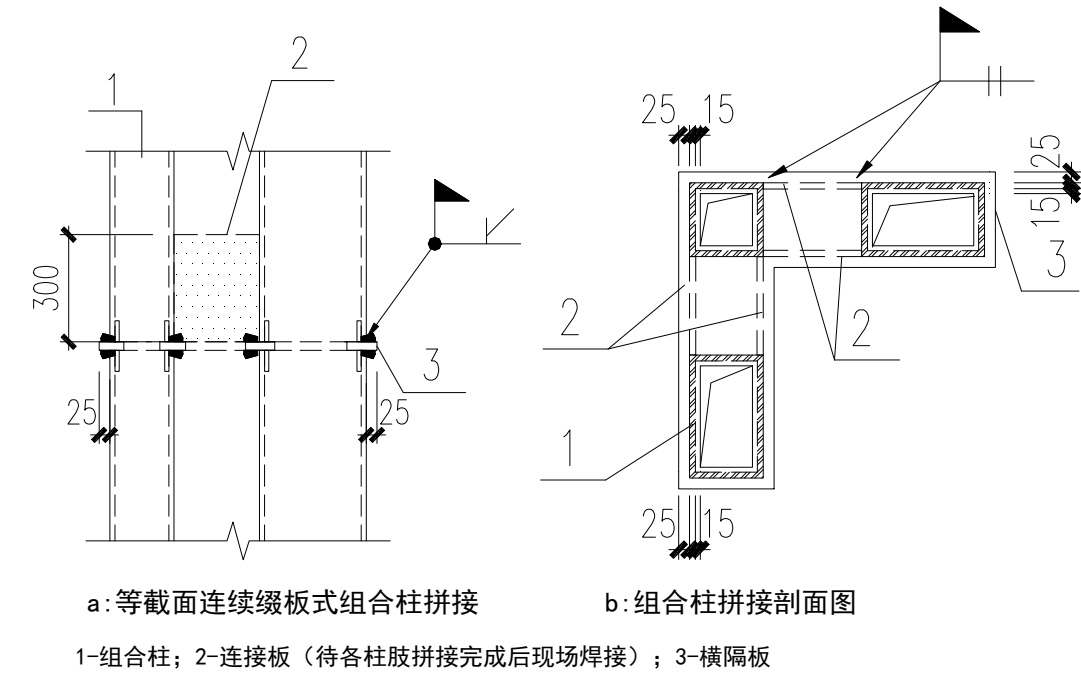
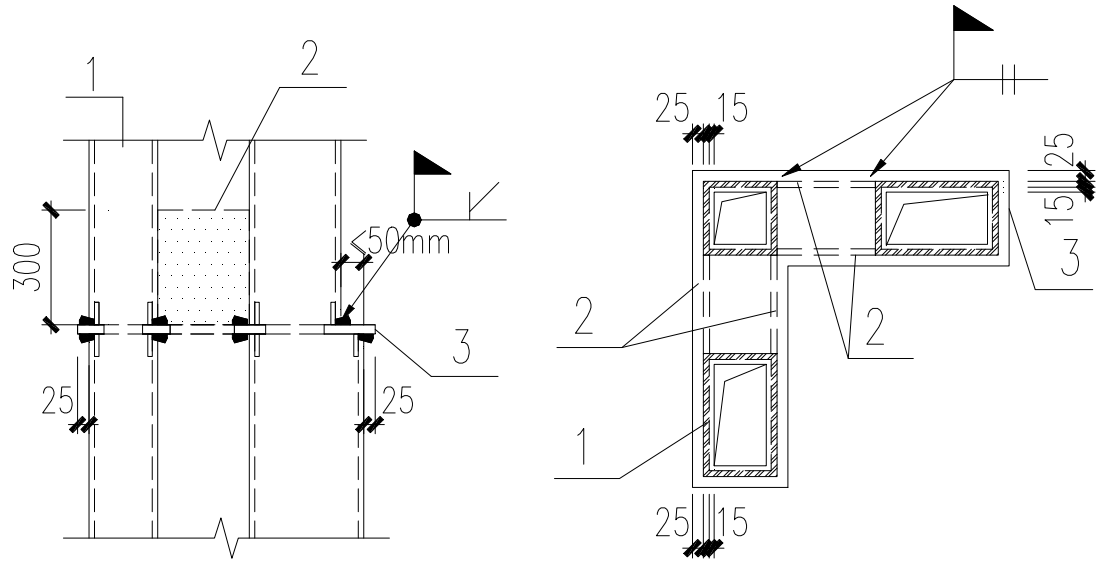


图 7.4-2 组合柱横隔板式拼接做法

7.4.2 组合柱的变截面的拼接,可采用如下拼接节点(详图 7.4-3),拼接处横隔板的厚度不宜小于上下组合柱钢管厚度的较大值加 2mm,且不宜小于 16mm。



1-组合柱; 2-连接板(待各柱肢拼接完成后现场焊接); 3-横隔板

图 7.4-3 组合柱不等截面拼接做法

7.5 楼板与缀板式钢管混凝土组合柱的连接节点

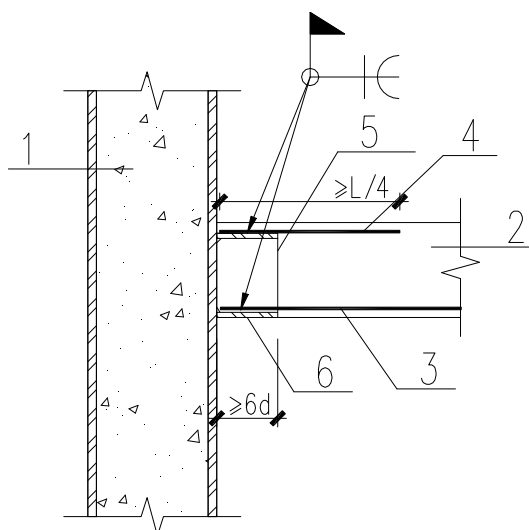
7.5.1 钢筋桁架楼承板和缀板式钢管混凝土组合柱的连接,应符合以下要求:

1、组合柱楼板支座位置应设置承托板,承托板及连接应满足使用阶段和施工阶段的承载力要求,板厚不宜小于 6mm,承托板悬挑长度不宜小于楼板底筋直径的 6 倍和 50mm,承托板钢材强度等级宜同组合柱;

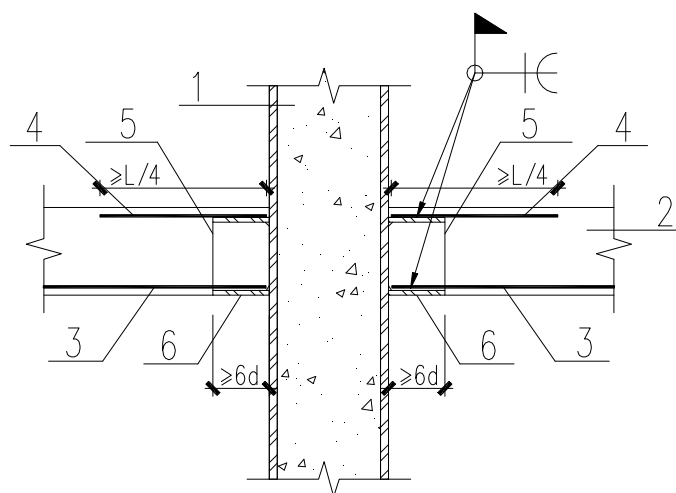
2、楼板上部支座钢筋处设置 T 形连接件,T 形连接件与承托板及组合柱侧壁进行焊接。上部支座钢筋处与 T 形连接件双面焊接,焊接长度不小于 5d,钢筋强度等级应与楼板钢筋相同。配筋率和支座钢筋在楼板内的锚固长度应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB50010 有关规定;

3、支座钢筋直径不宜小于 8mm;

4、在楼盖外角处、沿着板边、凹角部位等温度、收缩应力较大现浇板区域,宜在板的表面双向配置防裂构造钢筋。



(a) 组合柱作为楼板边支座



(b) 组合柱作为楼板中支座

1-组合柱；2-钢筋桁架楼承板；3-楼板下部钢筋；4-楼板支座钢筋；5-T形连接件；

6-承托板

7.5-1 组合柱与楼板连接示意

7.5.2 钢筋桁架楼承板和组合墙的连接，应符合以下要求：

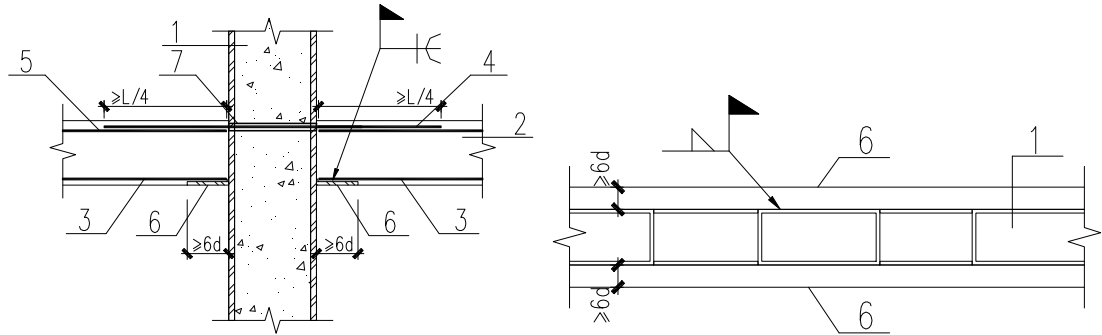
1 组合墙楼板位置应设置上支座钢筋，强度等级同楼板钢筋，支座钢筋间距同波形钢板波长，钢筋直径不宜小于 8mm，配筋率和支座钢筋在楼板内的锚固长度应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定。

2 组合墙作为楼板边支座时，上支座钢筋应穿过组合墙并外露 10mm~20mm，端部应有可靠的固定措施，可采用螺母或焊接固定。

3 组合墙作为楼板中支座时，上支座钢筋的配筋量应按连续板中间支座的弯矩计算确定。

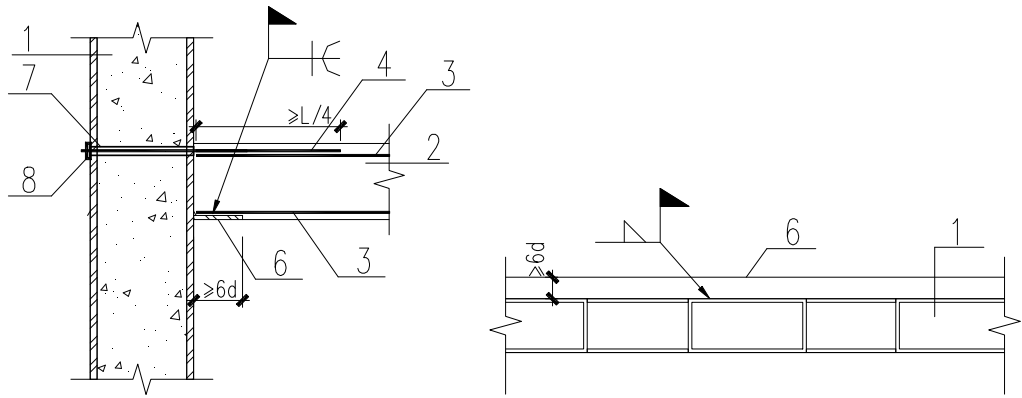
4 组合墙楼板支座位置应设置承托板，承托板及连接应满足使用阶段和施工阶段的承载力要求，板厚不宜小于 6mm，钢材强度等级宜同波形钢板。

5 当采用钢筋桁架楼承板时，支座位置的承托板悬挑长度不应小于楼板底筋直径的 6 倍和 50mm。



1-组合墙；2-钢筋桁架楼承板；3-楼板下部钢筋；4-楼板支座钢筋；5-楼板上部钢筋；
6-承托板；7-组合墙预留孔

(a) 组合墙作为楼板中间支座



(b) 组合墙作为楼板边支座

1-组合墙；2-钢筋桁架楼承板；3-楼板下部钢筋；4-楼板支座钢筋；5-楼板上部钢筋；
6-承托板；7-组合墙预留孔；8-钢筋固定措施

7.5-2 组合墙与楼板连接示意

8 构件制作与施工

8.1 一般规定

8.1.1 缀板式钢管混凝土组合柱结构的制作与施工，除应符合本规程的规定外，尚应遵守现行国家标准《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》GB50204。

8.1.2 缀板式钢管混凝土组合柱结构制作单位应具有相应的资质，应根据已批准的技术设计文件进行二次深化设计。二次深化设计应由原设计工程师确认。当修改时，应向原设计单位申报，经同意签署文件后修改才能生效。

【条文说明】：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。

8.1.3 缀板式钢管混凝土组合柱结构制作单位宜对构造复杂的构件进行工艺性试验。

【条文说明】：在制作构造复杂的构件时，应根据构件的组成情况和受力情况确定其加工、组装、焊接等的方法，保证制作质量，必要时应进行工艺性试验。

8.2 钢构件制作

8.2.1 缀板式钢管混凝土组合柱各柱肢宜采用成品钢管，组合柱钢构件应根据批准的施工详图放出足尺节点大样，放样和号料应预留收缩量(包括现场焊接收缩量)及切割、铣端等需要的加工余量。对于高层组合柱尚应按设计要求预留弹性压缩量，柱的弹性压缩量，应按结构自重(包括钢结构、楼板、墙体等的重量)和经常作用的活荷载产生的柱轴力计算，柱压缩量应由设计单位提出，由制作单位、安装单位和设计单位协商确定。

【条文说明】：压缩量与分担的荷载面积有关，周边柱压缩量较小，中间柱压缩量较大，因此，各柱的压缩量是不等的。

8.2.2 组合柱应根据制作厂的生产条件和现场施工条件、运输要求、吊装能力和安装条件，确定组合柱的分段或拼焊。组合柱长度宜采用三层一节，且不宜大于 12m。

8.2.3 需要进行边缘加工的零件，宜采用精密切割；焊接坡口宜采用自动切割、半自动切割、坡口机、刨边机等加工，并应采用样板控制坡口角度和尺寸。

8.2.4 组合柱构件组装前，各零、部件应经检查合格。组装的允许偏差应按现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB50205 和现行行业标准《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ99 的规定采用。

8.2.5 钢管的接长应采用对接熔透焊缝，其焊缝质量等级应为一級。缀板与钢管之间采用对接焊缝，其焊缝质量等级应为二級。钢管的接长最短拼接长度应符合现行国家标准《钢结构工程施工规范》GB 50755 的规定。

8.2.6 缀板式钢管混凝土组合柱结构钢构件制作完成后，应按照施工图和现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB50205 的规定进行验收。组合柱钢构件制作完毕后应清除钢管内的杂物，并应采取措施保持管内清洁。

8.3 钢构件防腐

8.3.1 组合柱钢构件涂装前钢材表面除锈等级应满足设计要求并符合国家现行标准的规定，当设计无要求时，钢材表面除锈等级应符合表 9.3.1 的规定。

表 9.3.1 除锈质量等级

涂料品种	除锈等级
油性酚醛、醇酸等底漆或防锈漆	St3
高氯化聚乙烯、氯化橡胶、氯磺化聚乙烯、环氧树脂、聚氨酯等底漆或者防锈漆	Sa2 $\frac{1}{2}$
无机富锌漆、有机硅、过氯乙烯等底漆	Sa2 $\frac{1}{2}$

【条文说明】：本条参考《钢结构工程施工质量验收规范》GB50205 相关规定。

8.3.2 钢管构件应根据设计文件要求选择除锈、防腐涂装工艺。内表面处理应无可见油污、无附着不牢的氧化皮、铁锈或污染物；外表面可根据涂料的除锈匹配要求，采用适当处理方法，涂装材料附着力应达到相关规定。

8.3.3 涂料防腐涂装应符合现行国家标准《钢结构工程施工规范》GB 50755 的规定。当设计文件无涂层厚度具体要求时，涂层干漆膜总厚度室外构件可为 150 μm ，室内构件可为 125 μm 。

8.3.4 需在工地拼装焊接的钢结构，其焊缝两侧应先涂刷不影响焊接性能的车间底漆或暂时不涂底漆，焊接完毕后对焊缝热影响区进行二次表面清理，并应根据设计要求重新涂装。

8.4 钢构件防火

8.4.1 应用在缀板式钢管混凝土组合柱结构中的构件，除本规范有关规定外，尚应符合现行国家与行业标准《建筑设计防火规范》GB 50016、《建筑钢结构防火技术规范》GB51249、《钢结构防火涂料应用技术规范》CECS24 的规定。

8.4.2 在规定的结构耐火极限时间内，结构或构件的承载力应满足下式要求：

$$R_d \geq S_m$$

式中： R_d ——结构或构件的承载力；

S_m ——各种作用所产生的组合效应值。

【条文说明】：本条参照《建筑钢结构防火技术规范》GB51249 相关规定。耐火极限法是通过比较构件的实际耐火极限和设计耐火极限，来判定构件的耐火性能是否符合要求，并确定其防火保护。

8.4.3 缀板式钢管混凝土组合柱结构的防火设计可选用防火涂料或防火板材，相应构件的耐火极限应符合下列规定：

1 缀板式钢管混凝土组合柱结构的耐火等级不应低于《建筑设计防火规范》GB50016 中的相关规定：建筑高度 54m 以上或有特殊要求的缀板式钢管混凝土组合柱结构，其耐火等级为一级；建筑高度不大于 54m，其耐火等级为二级；

2 缀板式钢管混凝土组合柱结构中构件的耐火极限不应低于表 8.2.1 的规定：

表 8.2.1 缀板式钢管混凝土组合柱结构的主要构件的耐火极限（h）

构件名称	耐火等级	
	一级	二级
组合钢板剪力墙	3.0	2.5
缀板式钢管混凝土组合柱	3.0	2.5
钢梁	2.0	1.5
斜撑	3.0	2.5
楼板	1.5	1.0
屋顶承重构件	1.5	1.0
疏散楼梯	1.5	1.0

注：建筑物中的楼梯间和电梯井的墙、防火墙、住宅分户墙、疏散走道两侧的隔墙、非承重外墙、房间隔墙、吊顶等按现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016 的要求执行。

【条文说明】：本条参照《建筑设计防火规范》GB50016 相关规定。

8.4.4 当采用防火涂料时，可选用膨胀型和非膨胀型两种防火涂料，膨胀型钢结构防火涂料及非膨胀型钢结构防火涂料的主要技术性能和技术指标应符合《钢结构防火涂料》GB14907 的要求，且满足《钢结构防火涂料应用技术规范》CECS24 薄涂型钢结构防火涂料和厚涂型钢结构防火涂料相应规定。

8.4.5 选用防火板材时，应符合下列要求

1 按耐火极限和保护层厚度要求，可分别选用防火薄板或防火厚板，其分类可按照表 8.4.6-1 确定

表 8.4.6-1 防火板的分类及性能特点

性能特点 分类		密度 (kg/m ³)	厚度 (mm)	抗折强度 (MPa)	导热系数 [W/(m·K)]
厚度	防火薄板	400~1800	5~20	—	0.16~0.35

	防火厚板	300~500	20~50	-	0.05~0.23
密度	低密度板	<450	20~50	0.8~2.0	-
	中密度板	450~800	20~30	1.5~10	-
	高密度板	>800	9~20	>10	-

【条文说明】：采用防火板将钢构件包覆封闭起来，可起到很好的防火保护效果，且防火板外观良好、可兼做装饰，施工为干作业，综合造价有一定的优势，尤其适用于钢柱的防火保护。防火板根据其密度可分为低密度、中密度和高密度防火板，根据其使用厚度可分为防火薄板、防火厚板两大类。

8.4.6 防火板材性能应符合下列要求：

- 1 防火板应为不燃材料，且受火时不应出现炸裂和穿透裂缝等现象；
- 2 防火板的包覆应根据构件形状和所处部位进行构造设计，并应采取确保安装牢固稳定的措施；
- 3 固定防火板的龙骨及黏结剂应为不燃材料。龙骨应便于与构件及防火板连接，黏结剂在高温下应能保持一定的强度，并应能保证防火板的包覆完整。

8.5 构件安装

8.5.1 施工前，施工单位应编制缀板式钢管混凝土组合柱结构专项施工方案，并需经监理（建设）单位审批。当遇到冬季、雨季、高温施工时应制定季节性施工技术措施。编制缀板式钢管混凝土组合柱结构构件安装专项方案时，需考虑受风荷载或其他水平荷载影响采取稳定可靠的固定措施，安装时必须严格按照专项方案要求实施。

8.5.2 安装前，应对构件的外形尺寸、螺栓孔直径及位置、连接件位置及角度、焊缝、栓钉焊、高强度螺栓接头抗滑移面加工质量、构件表面的涂层等进行检查，在符合设计或规定要求后，方能进行安装工作。

【条文说明】：高层民用建筑钢结构构件数量多，构件制作尺寸要求严，对钢结构加工质量的检查，要求更严格，特别是外形尺寸，要求安装单位在构件制作时就派员到构件制作单位进行检查，发现超出允许偏差的质量问题时，一定要在厂内修理，避免运到现场再修理。

8.5.3 构件安装前，应对建筑物的定位轴线、平面闭合差、底层柱的位置线、钢筋混凝土基础的标高和混凝土强度等级等进行检查，合格后方可开始安装工作。安装时，每节组合柱构件的定位轴线应从地面控制轴线直接引上，不得从下层的轴线上引。结构楼层的标高可按相对标高或设计标高进行控制。

【条文说明】：安装单位对土建施工单位提出的钢结构安装定位轴线、水准标高、柱基础位置线、预埋地脚螺栓位置线、钢筋混凝土基础面的标高、混凝土强度等级等各项数据，必需进行复查，符合设计和规范的要求后，方能进行安装。上述各项的实际偏差不得超过允许偏差。

8.5.4 柱的安装应先调整标高，再调整水平位移，最后调整垂直偏差，并应重复上述步骤，直到柱的标高、位移、垂直偏差符合要求。调整柱垂直度的缆风绳或支撑夹板，应在柱起吊前在地面绑扎好。一节柱的各层梁安装完毕并验收合格后，应立即铺设各层楼面的楼板，并安装本节柱范围内的各层楼梯。

【条文说明】：本条参考《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ99 相关规定。

8.5.5 钢板剪力墙单元应随柱梁等构件从下到上依次安装。吊装及运输时应采取措施防止平面外变形；钢板剪力墙与柱和梁的连接次序应满足设计要求。当设计无要求时，宜与柱梁等构件同步连接。

【条文说明】：钢板剪力墙特点是单元尺寸大，平面外刚度差，在运输及安装时应防止其面外变形。

8.5.6 安装时应符合设计结构特点，按照合理的顺序进行，安装的钢构件应形成空间稳定体系，必要时应增加临时支撑结构或临时措施。

8.5.7 缀板式钢管混凝土组合柱结构在一个流水段一节柱的所有构件安装完毕，并对结构验收合格后，结构的现场焊缝、高强度螺栓及其连接点，以及在运输安装过程中构件涂层被磨损的部位，应补刷涂层。涂层应采用与构件制作时相同的涂料和相同的涂刷工艺。

8.6 混凝土浇筑

8.6.1 组合柱钢管管内混凝土浇筑前，应将管内异物、积水清除干净。管内混凝土浇筑应在钢构件安装完毕并验收合格后进行。

8.6.2 钢管内的混凝土浇筑工作，应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 的规定。

8.6.3 钢管混凝土结构浇筑应符合下列规定：

- 1 应采用自密实混凝土浇筑，自密实混凝土粗骨料最大粒径不应大于 20mm；
- 2 混凝土应采取减少收缩的技术措施；
- 3 钢管截面较小，应在钢管壁适当位置留有足够的排气孔，排气孔孔径不应小于 20mm；浇筑混凝土应加强排气孔观察，并应确认浆体流出和浇筑密实后再封堵排气孔；
- 4 混凝土浇筑完毕后应对管口进行临时封闭。

【条文说明】：本条参考《混凝土结构工程施工规范》GB50666 相关规定。

8.6.4 当混凝土浇筑到钢管顶端时，可按下列施工方法选择其中一种方式：

- 1 使混凝土稍微溢出后，再将留有排气孔的层间封顶板紧压到管端，随即进行点焊；待混凝土达到设计强度的 50%后，再将横隔板或封顶板按设计要求补焊完成；
- 2 将混凝土浇灌到稍低于管口位置，待混凝土达到设计强度的 50%后，再用相同等级的水泥砂浆补填至管口，并按上述方法将封顶板一次封焊到位。

8.6.5 每节缀板式矩形钢管组合柱管内混凝土应连续浇筑，浇筑面距组合柱顶端 300～

500mm。当必须间歇时，间歇时间不得超过混凝土的初凝时间，结构最后一节组合柱混凝土浇筑完成后，间隔 24 小时后检查，当发现混凝土下沉时，应进行补浆。

8.6.6 缀板式钢管混凝土组合柱钢管内混凝土的浇筑质量，可采用敲击钢管的方法来检查其密实度，对于重要构件或部位，应采用超声波法进行检测。对浇筑不密实的部位，可采用局部钻孔压浆法进行补强，然后将钻孔进行补焊封固。

【条文说明】：敲击法是最常用的检验钢管混凝土浇筑质量的检测方法，这种检查方法由检查者聆听敲击钢管的声音，根据不同的音色找出钢管与混凝土剥离部位。该方法对检测工具要求不高，操作简单快捷，大量的应用于工程实践中，作为确定缺陷区域的初步检测办法和辅助检测手段。

8.6.7 混凝土浇筑完毕后应对组合柱管口进行临时封闭，以防止雨水或杂物落入管内。

8.6.8 冬季施工时，钢管混凝土的养护应符合现行国家标准《建筑工程冬季施工规程》JGJ 10454 有关规定。

9 验收

9.1 一般规定

9.1.1 缀板式钢管混凝土组合柱结构中钢构件的制作安装，除应符合本规程的规定外，尚应遵守现行国家标准《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》GB50204。

9.1.2 缀板式钢管混凝土组合柱结构工程施工质量验收，应在施工单位自行检验评定合格的基础上，由监理（建设）单位组织验收。其程序应按现行《建筑工程施工质量验收统一标准》GB50300 的规定进行验收。

9.1.3 缀板式钢管混凝土组合柱结构是钢结构工程子分部的一部分，其分项工程的划分参照《建筑工程施工质量验收统一标准》GB50300 及《钢结构工程施工质量验收规范》GB50205 的规定。

9.1.4 缀板式钢管混凝土组合柱结构各分项工程可按楼层或施工段划分。

9.2 原材料及成品进场

主控项目

9.2.1 钢板、矩形钢管及焊接材料的品种、规格、性能等应符合国家现行产品标准和设计要求。

检查数量：全数检查。

检验方法：检查质量合格证明文件，中文标志及出厂检验报告。

9.2.2 成品矩形钢管进场后应按照《钢结构工程施工规范》GB50755 的规定对原材料进行抽样复检，其复检结果应符合国家现行标准和设计要求。

检查数量：按照《钢结构工程施工规范》GB50755 第 5.2.5 条的规定进行抽样复验。

检验方法：见证取样、送样、检查复验报告。

9.2.3 焊接材料应按照《钢结构工程施工质量验收规范》GB50205 及《钢结构工程施工规范》GB50755 的规定进行抽样复验，其复验结果应符合国家现行标准和设计要求。

检查数量：按照《钢结构工程施工规范》GB50755 第 5.3.2 条的规定进行抽样复验。

检验方法：见证取样、送样、检查复验报告。

一般项目

9.2.4 钢板和钢带的厚度及允许偏差应符合现行国家标准《热轧钢板和钢带的尺寸、外形、重量及允许偏差》（GB/T709）产品标准要求。

检查数量：每批同一品种、规格的钢板抽检 10%，且不少于 3 张（卷），每张（卷）检测 5 处。

检验方法：用游标卡尺量测或超声测厚仪量测。

9.2.5 矩形钢管截面尺寸、厚度及允许偏差应符合其产品标准的要求。

检查数量：每批同一品种、规格的钢管抽检 10%，且不少于 3 根，每根检测 3 处。

检验方法：用钢尺、游标卡尺及超声测厚仪量测。

9.2.6 矩形钢管的表面外观质量应符合其产品标准的规定。

检查数量：全数检查。

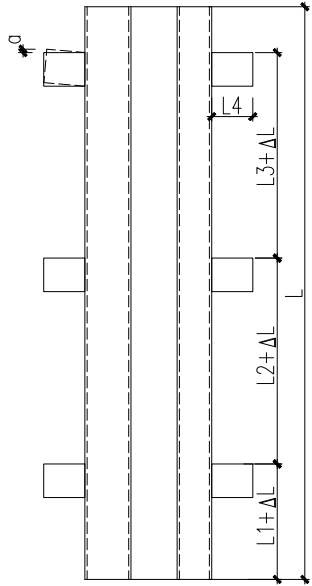
检验方法：观察检查。

9.3 部件加工

9.3.1 缀板式钢管组合柱焊接后允许偏差应符合表 9.3.1 要求。

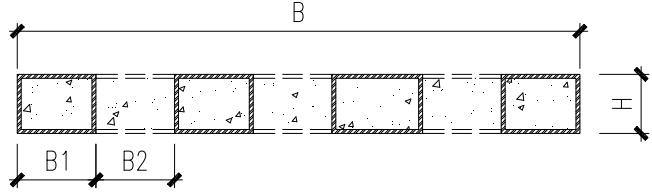
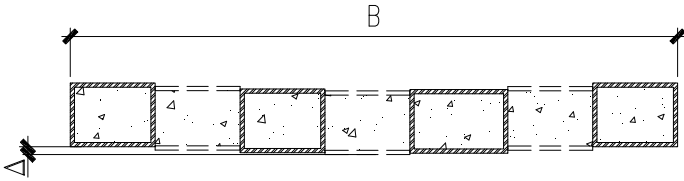
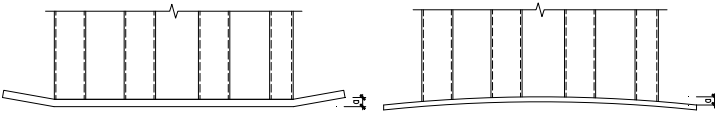
表 9.3.1 组合柱允许偏差 (mm)

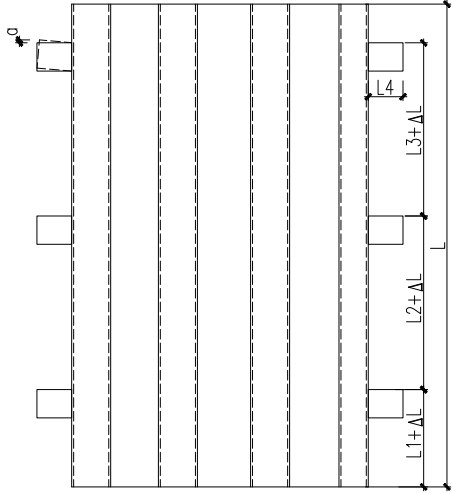
项目		允许偏差 (mm)	图例
柱截面 尺寸	$h \leq 400$	± 2.0	
	$400 < h \leq 600$	$\pm h/200$	
	$H > 600$	± 4.0	
柱身垂直度		$h/200$ 且不应大于 5mm	
每节柱的柱身扭曲		$6h/1000$ 且不大于 5.0	
柱脚底板翘曲和弯折		3.0	
一节柱长度的制造偏差 L		± 3.0	
楼面间距离的偏差		± 3.0	

ΔL			
牛腿的 翘曲或 扭曲 a	$L_3 \leq 600$	2.0	
	$L_3 > 600$	3.0	
柱身挠曲矢高		$L/1000$; 且不大于 5.0	

9.3.2 钢板混凝土组合剪力墙焊接后允许偏差应符合表 9.3.2 要求。

表 9.3.2 组合墙允许偏差 (mm)

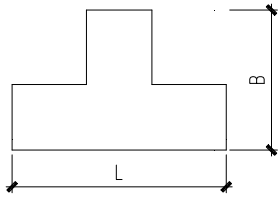
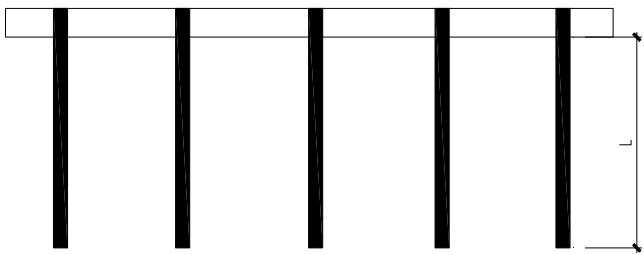
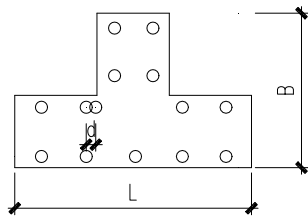
项目		允许偏差 (mm)	图例
组合 墙截 面尺 寸	宽度 B	± 4.0	
	厚度 H	± 2.0	
组合 墙整 体平 整度 Δ	$B \leq 800$	± 2.0	
	$B > 800$	± 3.0	
钢板局部平整 度 f		3.0	
底板翘曲和弯 折 a		3.0	
一节墙长度的		± 3.0	

制造偏差 L			
楼面间距离的偏差 ΔL		± 3.0	
牛腿的翘曲或扭曲 a	$L3 \leq 600$	2.0	
	$L3 > 600$	3.0	
墙身饶曲矢高		$L/1000$; 且不大于 8	

9.3.3 预埋件尺寸的制作偏差应符合表 9.3.3 的规定。

检查数量：抽查数量 10%，且不应少于 3 个。

检验方法：用钢尺量测。

项目	允许偏差	图例
预埋件外形尺寸	± 10.0	
锚筋长度	± 10.0	
锚筋位置 a	2.0	

9.4 缀板式组合柱安装工程

主控项目

9.4.1 缀板式钢管混凝土组合柱进场应进行验收，其加工质量应符合设计和合同约定。

检查数量：全数检查。

检验方法：检查构件出厂验收记录、尺量检查、观察检查。

9.4.2 缀板式钢管混凝土组合柱拼装方式、程序、施焊方法等应符合设计及专项施工方案要求。

检查数量：全数检查。

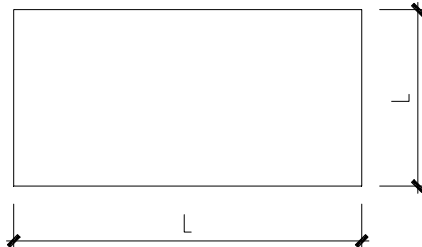
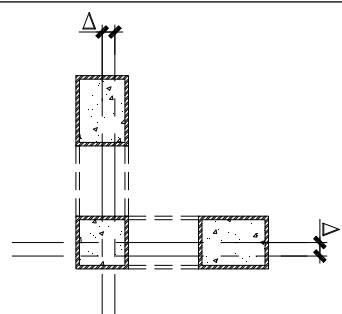
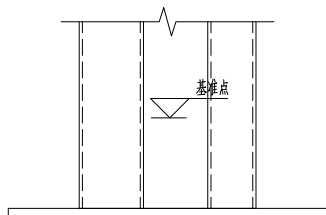
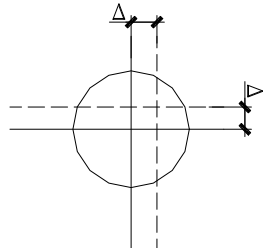
检验方法：观察检查、检查施工记录。

9.4.3 建筑物的定位轴线、基础上柱的定位轴线及标高、预埋件的安装定位、地脚锚栓的紧固应符合表 9.4.3-1 要求。

检查数量：按数量抽查 10%，且不少于 3 个。

检验方法：经纬仪、水准仪、全站仪、水平尺和钢尺检查。

表 9.4.3-1 建筑物定位轴线、基础上柱的定位轴线和标高、地脚锚栓的允许偏差（mm）

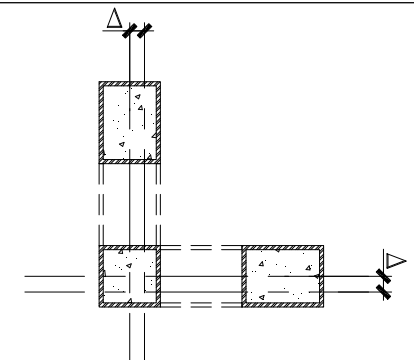
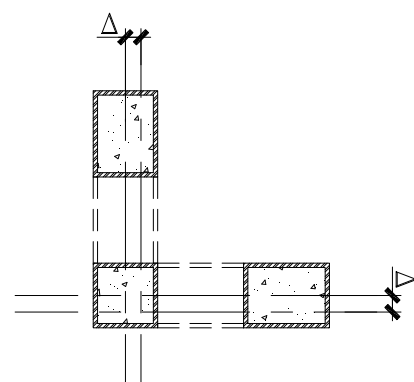
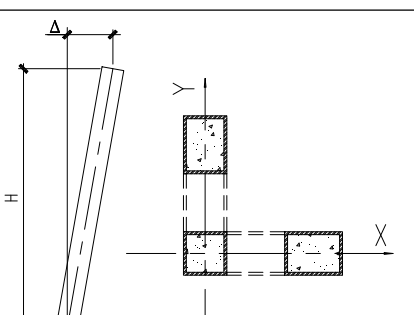
项目	允许偏差	图例
建筑物定位轴线	$L/20000$ ，不应大于 3.0	
基础上组合柱的定位轴线	1.0	
基础上组合柱底标高	± 2.0	
地脚锚栓位移	2.0	

9.4.4 组合柱构件安装的允许偏差应符合表 9.4.4-1 要求。

检查数量：按数量抽查 10%，且不少于 3 个。

检验方法：经纬仪、全站仪、水平尺和钢尺检查。

表 9.4.4-1 组合柱安装允许偏差 (mm)

项目	允许偏差	图例
首节组合柱柱底轴线对定位轴线的偏移	3.0	
基础上组合柱的定位轴线	1.0	
单节组合柱的垂直度 (X、Y 两个方向)	$H/1000$ ，且不应大于 10.0	

9.4.5 缀板式钢管混凝土组合柱吊装前，基础混凝土强度应符合设计要求，上节组合柱构件吊装应在下节组合柱钢管内混凝土强度达到设计要求后进行。

检查数量：全数检查。

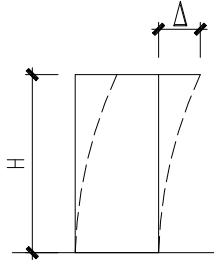
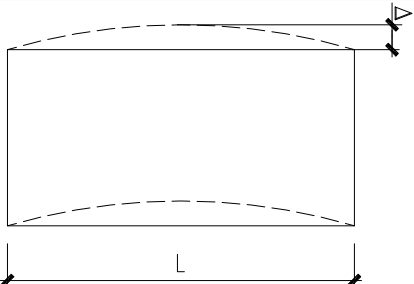
检验方法：观察检查、检查施工记录。

9.4.6 缀板式钢管混凝土组合柱结构整体垂直度和整体平面弯曲的允许偏差应符合表 9.4.6-1 要求。

检查数量：按数量抽查 10%，且不少于 3 个。

检验方法：经纬仪、全站仪。

9.4.6-1 整体垂直度和整体平面弯曲的允许偏差（mm）

项目	允许偏差	图例
主体结构的整体垂直度	$H/2500$ ，且不应大于 50.0	
主体结构的整体平面弯曲	$L/1500$ ，且不应大于 25.0	

一般项目

9.4.7 缀板式钢管混凝土组合柱不应有运输、堆放造成的变形、脱漆现象。

检查数量：按数量抽查 10%，且不少于 3 个。

检验方法：观察检测。

9.4.8 缀板式钢管混凝土组合柱表面应清洁，吊装前应将钢管内的杂物，钢管口包封密实。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察检测。

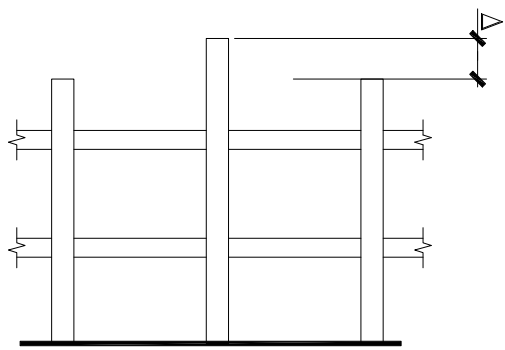
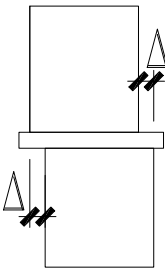
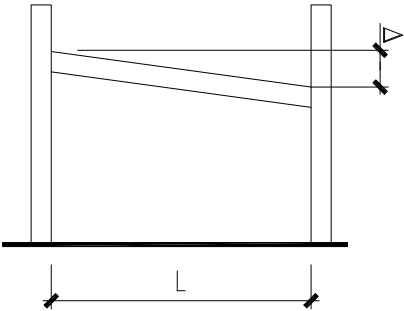
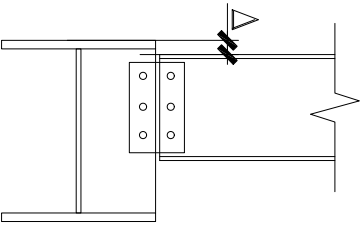
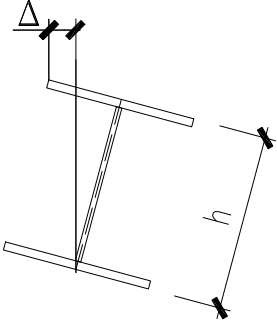
9.4.9 缀板式钢管混凝土组合柱安装允许偏差应符合表 9.4.8-1。

检查数量：按数量抽查 10%，且不少于 3 个。

检验方法：经纬仪、水准仪、全站仪、水平尺和钢尺检查。

表 9.4.9-1 构件安装的允许偏差（mm）

项目	允许偏差（mm）	图例
----	----------	----

同一层各组合柱构件 顶标高 Δ	5.0	
上、下层组合柱构件对 接处错位 Δ	2.0	
同一根梁两端顶面的 高差 Δ	$L/1000$, 且不应大于 10.0	
主次梁表面高差	± 2.0	
梁跨中垂直度	$H/500$	

9.5 缀板式组合柱混凝土工程

主控项目

9.5.1 组合柱内混凝土的强度等级应符合设计要求。

检查数量：全数检查。

检验方法：检查试件强度试验报告。

9.5.2 每节组合柱构件管内混凝土应连续浇筑，当必须间歇时，间歇时间不得超过混凝土的初凝时间。

检查数量：全数检查。

检验方法：检查试件强度试验报告。

9.5.3 组合柱管内混凝土的密实度。

检查数量：全数检查。

检验方法：敲击进行检查或超声波检测。

一般项目

9.5.4 组合柱内混凝土浇筑面与对接接口距离不应小于 300mm，以防组合柱在焊接时高温影响管内混凝土质量。

检查数量：全数检查。

检验方法：敲击进行检查或超声波检测。

9.5.5 组合柱内混凝土浇筑前，应对组合柱安装质量进行确认，并应清理组合柱内积水及杂物，混凝土浇筑后应对管口进行临时封闭。

检查数量：全数检查。

检验方法：敲击进行检查或超声波检测。

9.5.6 组合柱内混凝土浇筑后的养护方法和养护时间应符合专项施工方案要求。

检查数量：全数检查。

检验方法：检查施工记录。

9.5.7 组合柱内混凝土浇筑后，浇灌孔、顶升孔、排气孔应按设计要求进行封堵，表面应平整，并应进行表面清理和防腐处理。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察检查。

附录 A 缀板式钢管混凝土组合柱长细比计算

A.0.1 缀板式和实体缀板式钢管混凝土组合柱轴心受压时的相对长细比应按下列式计算：

$$\bar{\lambda}_{oi} = \frac{\lambda_i}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E_s}} \quad (\text{A.0.1-1})$$

$$\lambda_i = \frac{\mu l_i}{i_{oi}} \quad (\text{A.0.1-2})$$

$$i_{oi} = \sqrt{\frac{I'_{soi} + I'_{coi} E_c / E_s}{A_{soi} + A_{coi} f_c / f}} \quad (\text{A.0.1-3})$$

式中： I_{so} ——为钢截面绕 X 轴或 Y 轴惯性矩；

I_{co} ——为混凝土截面绕 X 轴或 Y 轴惯性矩；

i_{oi} ——构件截面对主轴 X 或主轴 Y 的回转半径；

λ_i ——钢管混凝土轴心受压构件的长细比；

μ ——构件的计算长度系数，对于单支柱缀板之间的计算长度系数取 1，对于整个构件的计算长度根据《钢结构设计标准》GB50017-2017 及相关设计规范确定；

l_i ——对于无缀板约束方向取构件的长度，可取层高；对于有缀板约束方向，可取缀板式钢管混凝土组合柱中柱取缀板之间的净距；

附录 B、缀板式钢管混凝土组合柱稳定系数计算

B.0.1 轴心受压构件的稳定系数（按照 b 类截面考虑）应按下列式计算：

$$\text{当 } \bar{\lambda}_{oi} \leq 0.215 \text{ 时, } \varphi_{oi} = 1 - 0.65 \bar{\lambda}_{oi}^2 \quad (\text{B.0.1-1})$$

当 $\bar{\lambda}_{oi} > 0.215$ 时，

$$\varphi_{oi} = \frac{1}{2 \bar{\lambda}_{oi}^2} \left[\left(0.965 + 0.300 \bar{\lambda}_{oi} + \bar{\lambda}_{oi}^2 \right) - \sqrt{\left(0.965 + 0.300 \bar{\lambda}_{oi} + \bar{\lambda}_{oi}^2 \right)^2 - 4 \bar{\lambda}_{oi}^2} \right] \quad (\text{B.0.1-2})$$

式中： φ_{oi} ——轴心受压作用下分肢柱的稳定系数。在进行分肢柱计算时分别进行两个方向的稳定系数计算，取较小值作为分肢柱的稳定系数。

$\bar{\lambda}_{oi}$ ——构件的相对长细比；

附录 C、缀板式钢管混凝土组合柱形心计算

C.0.1 L 形柱形心计算公式

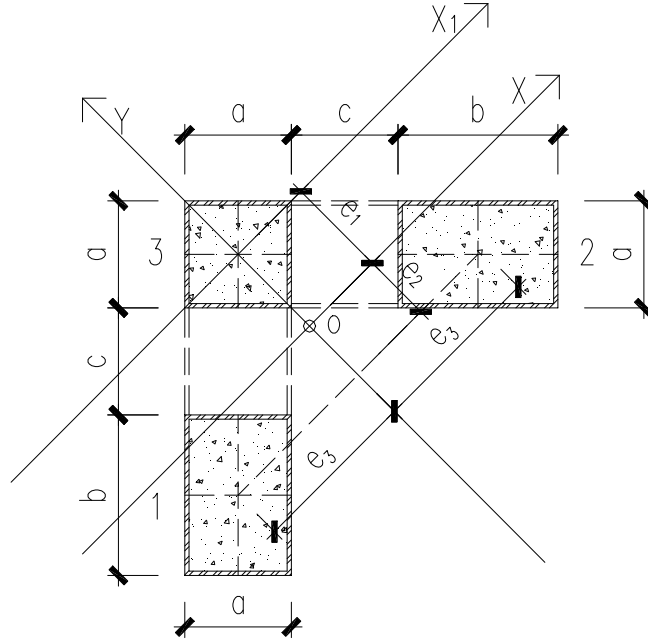


图 C.0.1 L 形柱形心位置

假设形心的位置为 o 点，截面尺寸如图所示，钢管壁厚为 t ，则形心坐标如下：

$$A_{s1} = A_{s2} = ab - (a - 2t)(b - 2t) \quad (\text{C.0.1-1})$$

$$A_{s3} = a^2 - (a - 2t)^2 \quad (\text{C.0.1-2})$$

$$A_{chi} = \frac{E_c}{E_s} A_{ci} \quad (\text{C.0.1-3})$$

$$A_{c1} = A_{c2} = (a - 2t)(b - 2t) \quad (\text{C.0.1-4})$$

$$A_{c3} = (a - 2t)^2 \quad (\text{C.0.1-5})$$

$$e_1 = \frac{\sqrt{2}(A_{s1} + A_{ch1})\left(\frac{a}{2} + \frac{b}{2} + c\right)}{A_{s1} + A_{ch1} + A_{s2} + A_{ch2} + A_{s3} + A_{ch3}} \quad (\text{C.0.1-6})$$

$$e_2 = \frac{\sqrt{2}}{2}\left(\frac{a}{2} + \frac{b}{2} + c\right) - e_1 \quad (\text{C.0.1-7})$$

$$e_3 = \frac{\sqrt{2}}{2}\left(\frac{a}{2} + \frac{b}{2} + c\right) \quad (\text{C.0.1-8})$$

式中： A_{s1} 、 A_{s2} 、 A_{s3} ——第 1、2、3 柱肢钢管截面面积；

A_{chi} ——第 i 柱肢混凝土截面换算面积；

A_{c1} 、 A_{c2} 、 A_{c3} ——第 1、2、3 柱肢混凝土截面面积；

a 、 b ——边肢柱截面的宽和长；

c ——缀板宽度；

e_1 、 e_2 ——为分柱肢形心到形心坐标 x 轴的垂直距离；

e_3 ——为分柱肢形心到形心坐标 y 轴的垂直距离；

E_s ——钢材的弹性模量；

E_c ——混凝土的弹性模量；

C.0.2 T 形柱形心计算公式

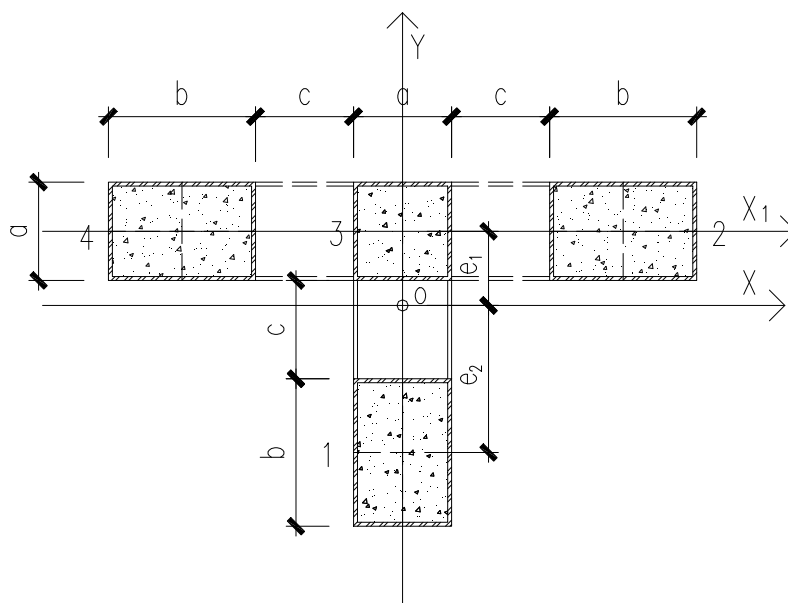


图 C.0.2 T 形柱形心位置

假设形心的位置为 o 点，截面尺寸如图所示，钢管壁厚为 t ，则形心坐标如下：

$$A_{s1} = A_{s2} = A_{s4} = ab - (a - 2t)(b - 2t) \quad (C.0.2-1)$$

$$A_{s3} = a^2 - (a - 2t)^2 \quad (C.0.2-2)$$

$$A_{chi} = \frac{E_c}{E_s} A_{ci} \quad (C.0.2-3)$$

$$A_{c1} = A_{c2} = A_{c4} = (a - 2t)(b - 2t) \quad (\text{C.0.2-4})$$

$$A_{c3} = (a - 2t)^2 \quad (\text{C.0.2-5})$$

$$e_1 = \frac{(A_{s1} + A_{ch1}) \left(\frac{a}{2} + \frac{b}{2} + c \right)}{A_{s1} + A_{ch1} + A_{s2} + A_{ch2} + A_{s3} + A_{ch3} + A_{s4} + A_{ch4}} \quad (\text{C.0.2-6})$$

$$e_1 = \frac{a}{2} + \frac{b}{2} + c - e_2 \quad (\text{C.0.2-7})$$

式中： A_{s1} 、 A_{s2} 、 A_{s3} 、 A_{s4} ——第 1、2、3、4 柱肢钢管截面面积；

A_{chi} ——第 i 柱肢混凝土截面换算面积；

A_{c1} 、 A_{c2} 、 A_{c3} 、 A_{c4} ——第 1、2、3、4 柱肢混凝土截面面积；

a 、 b ——边肢柱截面的宽和长；

c ——缀板宽度；

e_1 、 e_2 ——为分柱肢形心到形心坐标 x 轴的垂直距离；

附录 D、缀板式钢管混凝土组合柱缀板抗剪计算

D.0.1 压弯荷载作用下，先分别计算绕截面分肢的弯矩，再依据分肢的弯矩和，分别计算平行于截面分肢的剪力。

对于 L 形截面，分别计算出绕 X' 轴和 Y' 轴的弯矩（见图 D.0.1-1）；缀板抗剪计算时按照两个单肢组成的格构柱计算（见图 D.0.1-2）；

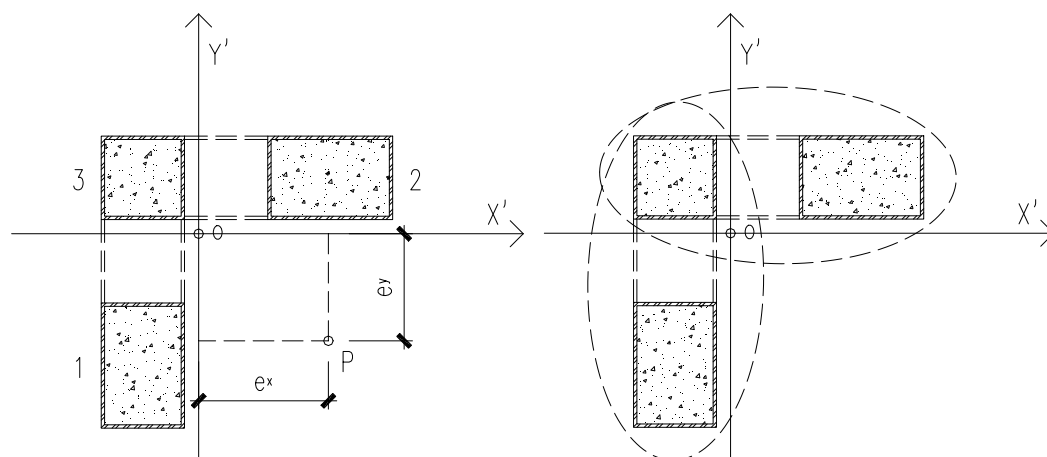


图 D.0.1-1 弯矩分配计算简图

图 D.0.1-2 缀板抗剪计算简图

对于 T 形截面，分别计算出绕 X 轴和 Y 轴的弯矩（见图 D.0.1-3）；缀板抗剪计算时，翼缘按照三个单肢组成的格构柱计算，腹板按照两个单肢组成的格构柱计算（见图

D.0.1-4) ;

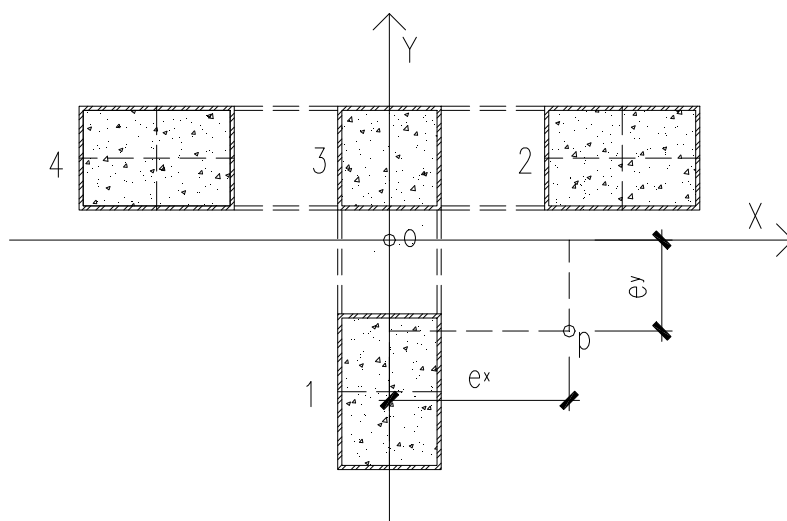


图 D.0.1-3 弯矩分配计算简图

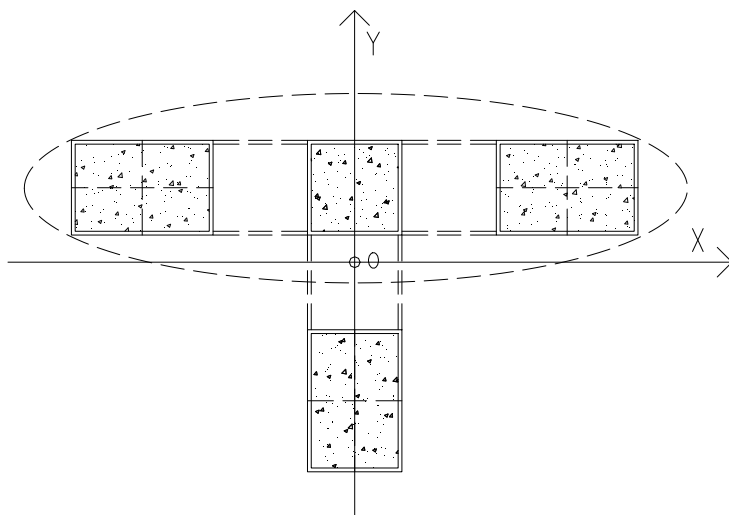


图 D.0.1-4 缀板抗剪计算简图

对于十形截面，分别计算出绕 X 轴和 Y 轴的弯矩（见图 D.0.1-5）；缀板抗剪计算时，按照三个单肢组成的格构柱计算（见图 D.0.1-6）。

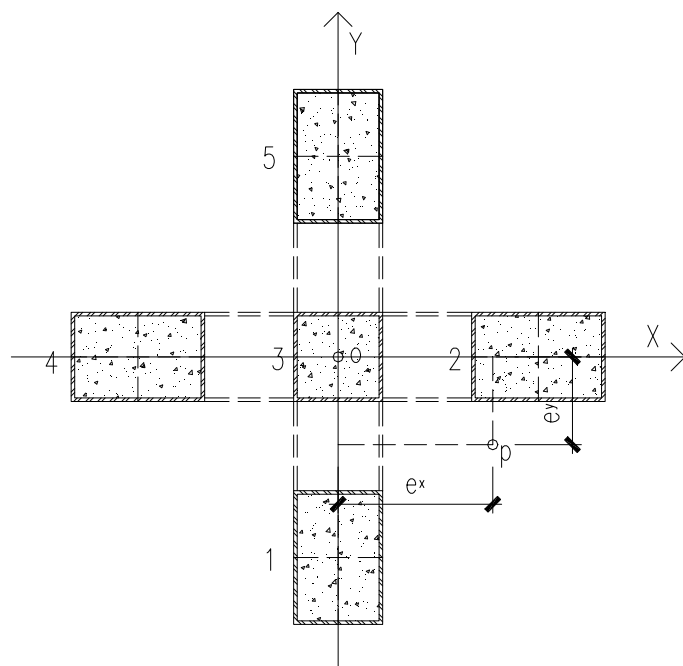


图 D. 0. 1-5 弯矩分配计算简图

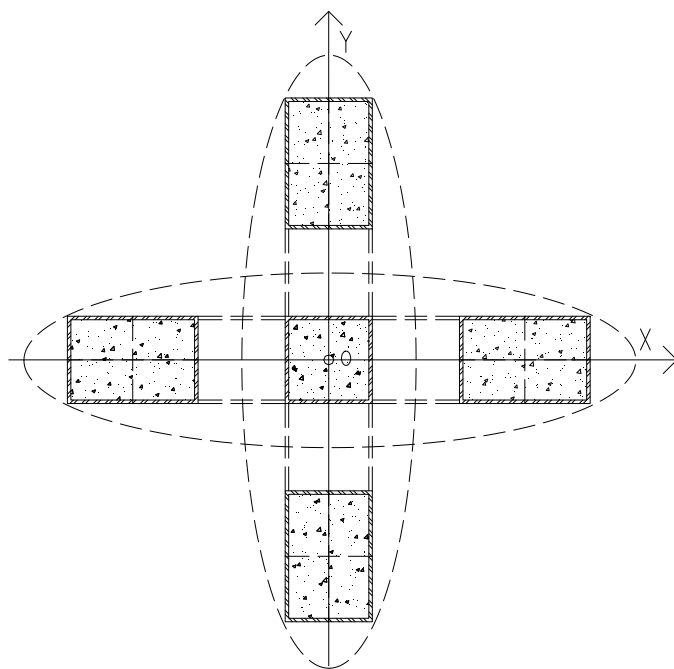
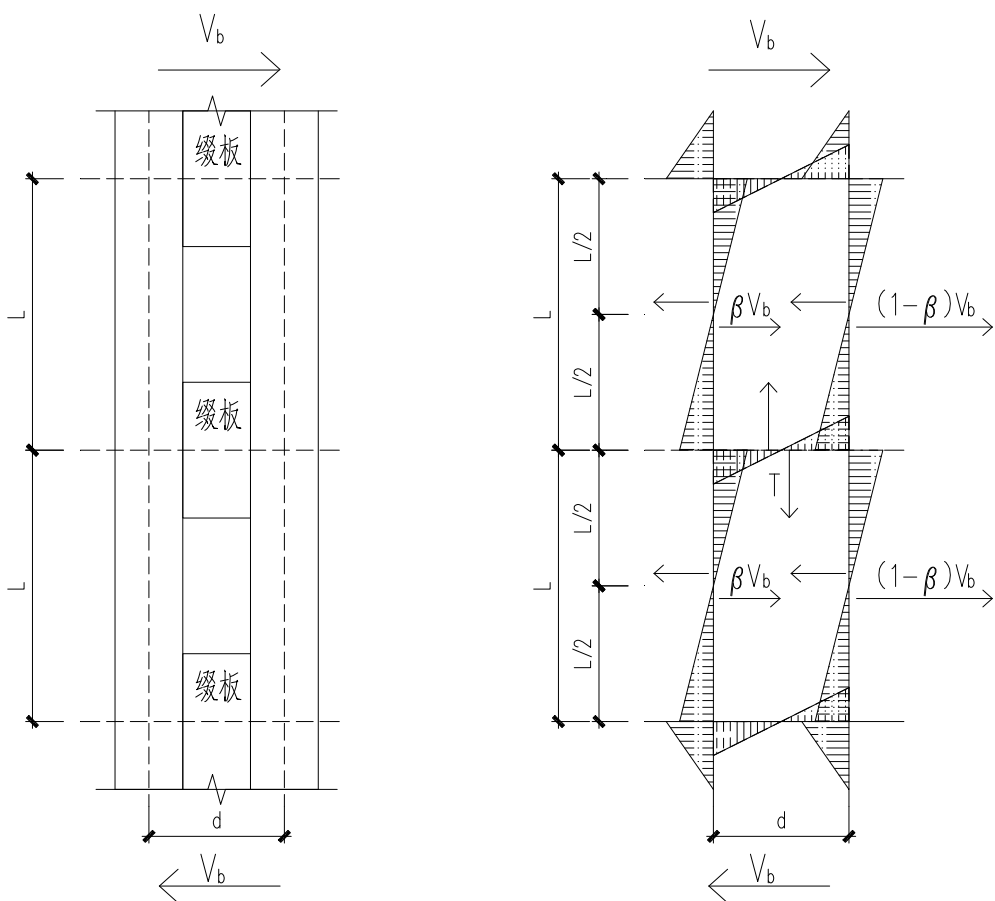


图 D. 0. 1-6 缀板抗剪计算简图

D.0.2 按照两个单肢组成的格构柱计算时，缀板的内力可根据图 D. 0. 2-1 所示的计算简图确定。在图中的反弯点处弯矩为零，只承受剪力。如果一个缀板面分担的剪力为 V_b ，缀板所受的内力为：



a: 缀板式钢管混凝土组合柱立面图

b: 缀板抗剪计算力学模型

图 D.0.2-1 缀板抗剪计算简图

$$V_b = \frac{M_1 + M_2}{l_0} \quad (\text{D.0.2-1})$$

$$T = V_b L / d \quad (\text{D.0.2-2})$$

$$M = \beta V_b L \quad (\text{D.0.2-3})$$

M_1 、 M_2 ——分别为柱头、柱脚分配后的弯矩和；

l_0 ——柱长，可取层高；

T ——缀板承担的剪力；

M ——缀板承担的弯矩；

d ——两柱肢钢管混凝土的中心距；

L ——两块缀板的间距；

β ——两个单肢组成的格构柱剪力分配系数，缀板式矩形钢管混凝土组合柱分肢柱抗剪承载力与整肢柱在单方向上抗剪承载力的比值；可按下列公式计算：

$$\beta = \frac{f_v A_{s1} + f_t A_{c1}}{f_v A_{s1} + f_t A_{c1} + f_v A_{s2} + f_t A_{c2}} \quad (\text{D.0.2-4})$$

且 $\beta \geq 1 - \beta$

f_v ——钢管的抗剪强度；

f_c ——混凝土的抗剪强度；

按照三个单肢组成的格构柱计算时，缀板的内力可根据图 6.4.3-8 所示的计算简图确定。

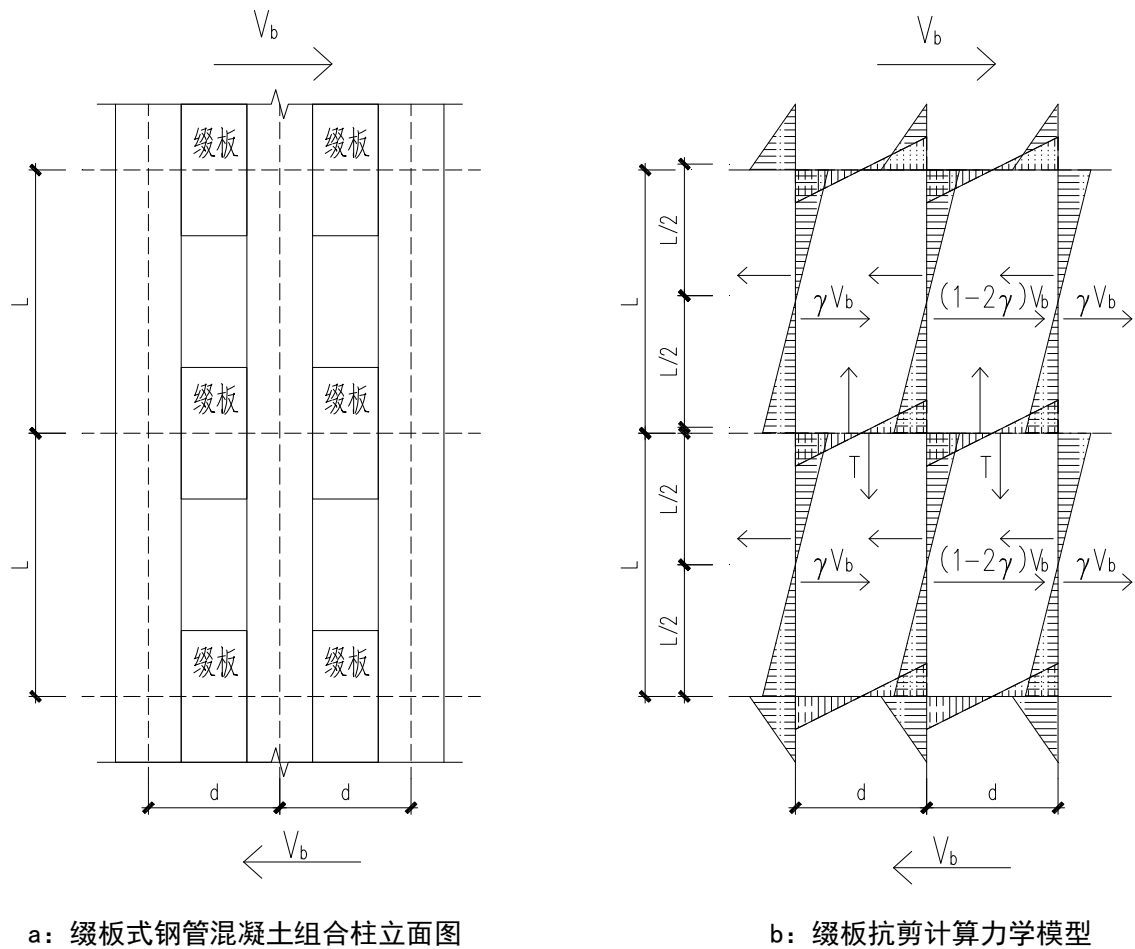


图 D.0.2-8 缀板抗剪计算简图

$$T = V_b L / 2d \quad (\text{D.0.2-5})$$

$$M = \gamma V_b L \quad (\text{D.0.2-6})$$

γ ——三个单肢组成的格构柱剪力分配系数，缀板式矩形钢管混凝土组合柱分肢柱抗剪承载力与整肢柱在单方向上抗剪承载力的比值；可按下式计算：

$$\gamma = \frac{f_v A_{s1} + f_t A_{c1}}{2(f_v A_{s1} + f_t A_{c1}) + f_v A_{s2} + f_t A_{c2}} \quad (\text{D.0.2-7})$$

且 $\gamma \geq 1 - 2\gamma$

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，在条件许可时首先应这样做的：
正面词采用“宜”或“可”，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

《建筑结构荷载规范》GB 50009
《混凝土结构设计规范》GB50010
《建筑抗震设计规范》GB50011
《建筑设计防火规范》GB 50016
《钢结构设计标准》GB50017
《冷弯型钢结构技术规范》GB 50018
《混凝土强度检验评定标准》GB50107
《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50204
《钢结构工程施工质量验收规范》GB50205
《建筑工程抗震设防分类标准》GB50223
《建筑工程施工质量验收统一标准》GB50300
《钢结构焊接规范》GB50661
《混凝土结构工程施工规范》GB 50666
《钢结构工程施工规范》GB50755
《建筑钢结构防火技术规范》GB51249
《碳素结构钢》GB / T700
《热轧钢板和钢带的尺寸、外形、重量及允许偏差》GB/T709
《钢结构用高强度大六角头螺栓》GB / T1228
《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 / T1230
《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 / T1231
《低合金高强度结构钢》GB / T1591
《钢结构用扭剪型高强度螺栓连接副》GB / T3632
《耐候结构钢》GB/T4171
《电弧螺柱焊用圆柱头焊钉》GB / T10433
《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3
《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ99
《自密实混凝土应用技术规程》JGJ/T283