



CECS 173 : 2004

中国工程建设标准化协会标准

**水泥聚苯模壳格构式混凝土
墙体住宅技术规程**

**Technical specification for dwelling houses with EPSC
form latticed concrete wall**

中国工程建设标准化协会标准

水泥聚苯模壳格构式混凝土 墙体住宅技术规程

**Technical specification for dwelling houses with EPSC
form latticed concrete wall**

CECS 173 : 2004

主编单位:中国建筑科学研究院

批准单位:中国工程建设标准化协会

施行日期:2005年2月1日

前 言

根据(2002)建标协字第12号文《关于印发中国工程建设标准化协会2002年第一批标准制、修订项目计划的通知》的要求,制定本规程。

水泥聚苯模壳格构式混凝土墙体是一种集轻质、保温、隔音、耐火、承重等多功能于一体的新型墙体结构。它是将工厂生产的标准规格的水泥聚苯模壳在现场粘结拼装成墙板,或在工厂制成墙板运到现场直接吊装,在其水平和竖向芯孔内配置钢筋,并浇筑大流动性自密实免振混凝土,形成钢筋混凝土构架而组成的复合墙体。

本规程主要对水泥聚苯模壳的材料、尺寸、性能和复合墙体的物理、力学性能提出了要求,对墙体结构的承载力和抗震设计作出了规定,对工程施工、质量控制和工程验收也作出了规定。在本规程编制过程中,参考了加拿大CASIA国际有限公司北京办事处提供的技术资料,利用美国RASTRA公司提供的模壳材料制作试件,进行了墙片试验和足尺楼房结构抗震试验。

根据原国家计委计标[1986]1649号文《关于请中国工程建设标准化委员会负责组织推荐性工程建设标准试点工作的通知》的要求,现批准协会标准《水泥聚苯模壳格构式混凝土墙体住宅技术规程》,编号为CECS 173:2004,推荐给工程建设的设计、施工和使用单位采用。

本规程由中国工程建设标准化协会混凝土结构专业委员会CECS/TC 5归口管理,由中国建筑科学研究院建筑结构研究所(北京北三环东路30号,邮编100013)负责解释。在使用中如发现需要修改和补充之处,请将意见和资料径寄解释单位。

主编单位：中国建筑科学研究院

参编单位：加拿大 CASIA 国际有限公司北京办事处

主要起草人：李明顺 吴廉仲(以下按姓氏笔画排列)

王翠坤 支鹤龄 刘军进 戎君明 肖从真

汪惟兴 杨善勤 张良纯 张红飏 郝锐坤

中国工程建设标准化协会

2004 年 10 月 20 日

目 次

| | | |
|-----|---------------|--------|
| 1 | 总 则 | (1) |
| 2 | 术语、符号 | (2) |
| 2.1 | 术语 | (2) |
| 2.2 | 符号 | (2) |
| 3 | 材 料 | (4) |
| 3.1 | 水泥聚苯颗粒 | (4) |
| 3.2 | 混凝土 | (4) |
| 3.3 | 钢筋 | (5) |
| 4 | 建筑和节能设计 | (7) |
| 4.1 | 建筑设计 | (7) |
| 4.2 | 建筑节能设计 | (9) |
| 5 | 结构非抗震设计 | (12) |
| 5.1 | 一般规定 | (12) |
| 5.2 | 截面承载力计算 | (13) |
| 5.3 | 构造措施 | (14) |
| 6 | 结构抗震设计 | (19) |
| 6.1 | 一般规定 | (19) |
| 6.2 | 截面承载力计算 | (20) |
| 6.3 | 抗震构造措施 | (20) |
| 7 | 施工及验收 | (23) |
| 7.1 | 一般规定 | (23) |
| 7.2 | 模壳工程 | (25) |
| 7.3 | 钢筋工程 | (26) |
| 7.4 | 混凝土工程 | (28) |

| | |
|-------------------------------|------|
| 7.5 水泥聚苯模壳格构式混凝土墙体分项工程验收····· | (30) |
| 7.6 合格判定····· | (31) |
| 附录 A 自密实混凝土性能试验方法····· | (33) |
| 本规程用词说明····· | (33) |
| 附:条文说明····· | (41) |

1 总 则

1.0.1 为促进水泥聚苯模壳格构式混凝土墙体在住宅建筑中的合理应用,做到安全适用、经济合理、节约能源,制定本规程。

1.0.2 本规程适用于抗震设防基本烈度不大于 8 度、设计基本地震加速度不大于 0.2g 地区,采用水泥聚苯模壳格构式混凝土墙体建造的,层数不超过 6 层的住宅建筑的设计、施工及验收。

1.0.3 水泥聚苯模壳格构式混凝土墙体多层住宅建筑的设计、施工及验收,除本规程有明确规定的,其余均应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语、符号

2.1 术 语

2.1.1 水泥聚苯模壳格构式混凝土墙体 expansive polystyrene granule cement(EPSC) latticed concrete wall

由工厂生产的水泥膨胀聚苯颗粒模壳与现场浇筑的格构式混凝土构架构成的组合墙体。可简称格构式混凝土墙体,国外也称纳士塔(RASTRA)墙体。

2.1.2 水泥聚苯模壳 expansive polystyrene granule cement form

由聚苯颗粒、水泥、水、外加剂等,按规格尺寸在工厂内模压而成的单元体。模壳分为标准件、对称件、边端件三种。

2.1.3 混凝土格构梁、格构柱 concrete lattice beam and column

在水泥聚苯颗粒模壳形成的水平和竖向芯孔内配置至少一根钢筋,并浇筑自密实混凝土而形成的构架中的水平梁和竖向柱。

2.1.4 加强格构柱 reinforced concrete lattice column

竖向芯孔内配置不少于三根纵向钢筋和适量箍筋的格构柱。

2.1.5 自密实混凝土 self-compactable concrete

不需振捣而能自密实充满芯孔的大流动度混凝土。

2.2 符 号

2.2.1 作用效应

N ——轴向力设计值;

M ——弯矩设计值;

V ——剪力设计值。

2.2.2 材料性能

f_{ck} 、 f_c ——混凝土轴心抗压强度标准值、设计值；

f_{tk} 、 f_t ——混凝土轴心抗拉强度标准值、设计值；

λ_{EPS}^c ——水泥聚苯颗粒的导热系数；

k ——外墙主体部位的传热系数；

k_m ——外墙平均传热系数；

D ——外墙主体部位的热惰性指标。

2.2.3 几何参数

h ——格构式混凝土墙截面高度，水泥聚苯模壳厚度；

b_e ——格构式混凝土墙折算厚度；

d ——钢筋直径，圆形截面直径；

ψ ——形状系数。

3 材 料

3.1 水泥聚苯颗粒

3.1.1 水泥聚苯颗粒应由水泥、聚苯颗粒、外加剂和水配制而成。其主要性能应满足下列要求：

1 力学性能

干密度 $350\text{kg}/\text{m}^3$ (允许偏差 $\pm 10\%$)

抗压强度 不小于 $0.4\text{N}/\text{mm}^2$

抗拉强度 不小于 $0.3\text{N}/\text{mm}^2$

2 物理性能

导热系数 不大于 $0.083\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$

抗冻性 $-20\sim 100^\circ\text{C}$, 循环 50 次, 无损坏

质量吸水率不大于 34.5%

3.1.2 聚苯乙烯泡沫塑料颗粒的粒径宜采用 $2\sim 6\text{mm}$, 堆积密度应为 $12\sim 21\text{kg}/\text{m}^3$ 。

3.1.3 对聚苯乙烯泡沫塑料颗粒应采取防止虫蛀和鼠啃的有效措施。

3.2 混 凝 土

3.2.1 楼板、圈梁应采用普通混凝土浇筑。普通混凝土的轴心抗压强度标准值 f_{ck} 和轴心抗拉强度标准值 f_{tk} 应按表 3.2.1 采用。

表 3.2.1 混凝土强度标准值 (N/mm^2)

| 强度种类 | 混凝土强度等级 | | | | | |
|----------|---------|------|------|------|------|------|
| | C20 | C25 | C30 | C35 | C40 | C50 |
| f_{ck} | 13.4 | 16.7 | 20.1 | 23.4 | 26.8 | 32.4 |
| f_{tk} | 1.54 | 1.78 | 2.01 | 2.2 | 2.39 | 2.64 |

3.2.2 混凝土的轴心抗压强度设计值 f_c 和轴心抗拉强度设计值 f_t 应按表 3.2.2 采用。

表 3.2.2 混凝土强度设计值(N/mm²)

| 强度种类 | 混凝土强度等级 | | | | | |
|-------|---------|------|------|------|------|------|
| | C20 | C25 | C30 | C35 | C40 | C50 |
| f_c | 9.6 | 11.9 | 14.3 | 16.7 | 19.1 | 23.1 |
| f_t | 1.10 | 1.27 | 1.43 | 1.57 | 1.71 | 1.89 |

3.2.3 混凝土的受压、受拉弹性模量 E_c 应按表 3.2.3 采用。

表 3.2.3 混凝土弹性模量($\times 10^4$ N/mm²)

| 混凝土强度等级 | C20 | C25 | C30 | C35 | C40 | C50 |
|---------|------|------|------|------|------|------|
| E_c | 2.55 | 2.80 | 3.00 | 3.15 | 3.25 | 3.45 |

3.2.4 水泥聚苯模壳格构式混凝土墙体的芯孔内应采用自密实混凝土浇筑。自密实混凝土的轴心抗压、抗拉强度标准值、强度设计值和混凝土的受压、受拉弹性模量分别按表 3.2.1、表 3.2.2 和表 3.2.3 采用。

3.3 钢 筋

3.3.1 水泥聚苯模壳格构式混凝土墙体结构宜采用 HPB235 级、HRB335 级和 HRB400 级普通钢筋。

3.3.2 普通钢筋的强度标准值 f_{yk} 应按表 3.3.2 采用。

表 3.3.2 普通钢筋强度标准值(N/mm²)

| 种 类 | | 符 号 | 直径 d (mm) | f_{yk} |
|------|-------------------------------------|-----|-------------|----------|
| 热轧钢筋 | HRB235(Q235) | Φ | 8~20 | 235 |
| | HRB335(20MnSi) | Φ | 6~50 | 335 |
| | HRB400(20MnSiV、 20MnSiNb、20MnTi) | Φ | 6~50 | 400 |

3.3.3 普通钢筋的抗拉强度设计值 f_y 和抗压强度设计值 f_y' 应按表 3.3.3 采用。

表 3.3.3 普通钢筋强度设计值(N/mm²)

| 种 类 | 符 号 | f_y | f_y' |
|------|-------------------------------------|-------|--------|
| 热轧钢筋 | HRB235(Q235) | ♠ | 210 |
| | HRB335(20MnSi) | ⊕ | 300 |
| | HRB400(20MnSiV、 20MnSiNb、20MnTi) | ⊕ | 360 |

3.3.4 普通钢筋的弹性模量 E_s 应按表 3.3.4 采用。

表 3.3.4 普通钢筋弹性模量($\times 10^5$ N/mm²)

| 种 类 | E_s |
|---------------|-------|
| HRB235 | 2.1 |
| HRB335、HRB400 | 2.0 |

4 建筑和节能设计

4.1 建筑设计

4.1.1 水泥聚苯模壳格构式混凝土墙体住宅的建筑设计,除应符合本规程的规定外,尚应符合国家现行有关标准的规定。

4.1.2 水泥聚苯模壳格构式混凝土墙体住宅的平面、竖向模数和墙身的定位应符合下列规定:

1 水泥聚苯模壳格构式混凝土墙体住宅的建筑平面模数宜采用4M,竖向模数宜采用1M;

2 水泥聚苯模壳格构式混凝土墙体宜采用中心线定位法。

4.1.3 水泥聚苯模壳格构式混凝土墙体上挑出的建筑构配件应与建筑梁板、墙体格构梁柱、边缘构件等有牢固的连接。墙体上各种洞口的设置、管线的预埋与附着、设备与建筑构配件的固定,以及各种预埋件等的位置,均应在水泥聚苯模壳拼排的平、立面图上详细标注。凡埋入墙体格构梁、柱内的管线等,均应与结构设计配合。

4.1.4 水泥聚苯模壳格构式混凝土墙体的墙面保护及其饰面应符合下列规定:

1 当水泥聚苯模壳格构式混凝土墙体用作外墙时,其外表面应做饰面。饰面宜采用有防护层的涂料;

2 从外墙挑出的建筑构配件应做防水、排水等处理;

3 当墙体用于高湿度房间时,墙面应设防水涂层。

4.1.5 水泥聚苯模壳格构式混凝土墙体住宅的屋面排水应符合下列规定:

1 住宅的屋面应采用有组织排水系统;

2 当墙体用作女儿墙时,顶层墙内的加强格构柱和边缘构件宜延伸到女儿墙墙顶。在抗震设防地区,加强格构柱的设置位置应符合结构的抗震设计要求;女儿墙顶部应设现浇钢筋混凝土压顶梁,并向屋面方向排水。

4.1.6 水泥聚苯模壳格构式混凝土墙体上的门、窗框,应与格构梁、柱或边缘构件等可靠连接。

4.1.7 水泥聚苯模壳格构式混凝土墙体住宅的地下室,应采用现浇钢筋混凝土结构或其他类型的结构。

4.1.8 水泥聚苯模壳格构式混凝土墙体应是非燃烧体。当墙体厚度为 250mm、墙体两面无抹灰时,其耐火极限可按 4h 采用。

4.1.9 当水泥聚苯模壳格构式混凝土墙体厚度为 250mm、两面抹灰总厚度为 10mm 时,其计权隔声量可按 50dB 采用。

4.1.10 水泥聚苯模壳的形状和规格尺寸应符合图 4.1.10 和表 4.1.10 的规定。

表 4.1.10 水泥聚苯模壳的规格尺寸(mm)

| h | d | t | l | b | s |
|-----|-----|-----|------|-----|-----|
| 250 | 160 | 45 | 2800 | 400 | 400 |
| 320 | 160 | 80 | 2800 | 400 | 400 |
| 380 | 160 | 110 | 2800 | 400 | 400 |

注:1 必要时,模壳芯孔直径 d 可选用 200mm;

2 必要时,可选用水泥聚苯平板(厚度 45、80、110mm 等)作衬模或楼板的底模等。

4.1.11 水泥聚苯模壳格构式混凝土墙体中,水泥聚苯模壳的粘结拼排应符合下列要求:

1 模壳的拼排可采用横排、竖排或横竖混合排列;

2 模壳拼排后形成的芯孔应连续贯通;

3 两墙体相交处应是模壳拼排而形成的芯孔,芯孔的中心线应是两墙体厚度共同的中心线。

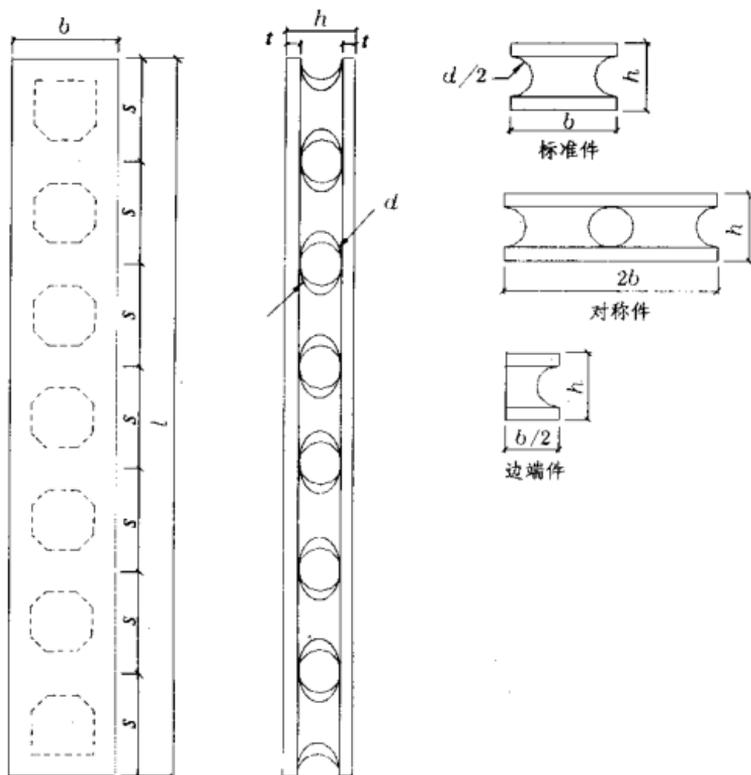


图 4.1.10 模壳形状

4.2 建筑节能设计

4.2.1 水泥聚苯模壳格构式混凝土墙体住宅建筑的节能设计,在严寒和寒冷地区,应符合现行行业标准《民用建筑节能设计标准(采暖居住建筑部分)》JGJ 26的有关规定;在夏热冬冷地区,应符合现行行业标准《夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准》JGJ 134的有关规定;在夏热冬暖地区,应符合现行行业标准《夏热冬暖地区居住建筑节能设计标准》JGJ 75的有关规定。在夏热冬冷、夏热冬暖和部分寒冷地区,尚应根据现行国家标准《民用建筑热工设

计规范》GB 50176 的有关规定,对外墙和屋顶的夏季隔热进行验算。在严寒和寒冷地区,尚应根据该规范的有关规定,对外墙和屋顶的防潮性能进行验算。在同一地区,按节能要求和夏季隔热要求计算确定的外墙和屋顶保温、隔热厚度不同时,应取两者中的较大值。

注:1 当地方节能设计标准的节能要求高于行业标准时,节能设计应按地方标准执行;

2 部分寒冷地区系指采暖期平均温度在 -3°C 以上、夏季有隔热要求的部分地区。

4.2.2 外墙的保温性能应采用包括外墙主体部位和热桥部位在内的外墙平均传热系数 K_m [$\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$] 值和外墙主体部位的热惰性指标 D 值来表示。外墙平均传热系数 K_m 值应按现行行业标准《民用建筑节能设计标准(采暖居住建筑部分)》JGJ 26-95 附录 C 的规定计算;外墙主体部位的热惰性指标 D 值应按现行国家标准《民用建筑热工设计规范》GB 50176-93 附录二(二)的规定计算。当外墙隔热性能采用自然通风情况,且在夏季室内外的计算条件下,西向外墙内表面最高温度以 $\theta_{i,\max}$ ($^{\circ}\text{C}$) 表示;若 $\theta_{i,\max} \leq t_{e,\max}$ (夏季室外计算温度最高值),可认为满足隔热要求。 $\theta_{i,\max}$ 应按现行国家标准《民用建筑热工设计规范》GB 50176-93 附录二(八)的规定计算。当水泥聚苯模壳格构式混凝土外墙厚度 h 不小于 250mm 时,其隔热性能可不验算。

注:外墙主体部位系指除边缘构件、圈梁等热桥部位外的外墙部位。

4.2.3 外墙的防潮设计应符合现行国家标准《民用建筑热工设计规范》GB 50176-93 第 6 章的有关规定。在严寒和寒冷地区,采暖居住建筑外墙外侧不宜采用水蒸气渗透阻大的密实饰面层。在严寒地区进行水泥聚苯模壳格构式混凝土墙体施工时,水泥聚苯模壳的初始质量含水率不应大于 15%。

4.2.4 当格构梁、格构柱的直径为 160mm 时,不同厚度的水泥聚苯模壳格构式混凝土外墙的热工性能指标应符合表 4.2.4 的要求。

表 4.2.4 不同厚度外墙的热工性能指标

| 序号 | 水泥聚苯 模壳厚度 h (mm) | 格构梁、 格构柱 直径 d (mm) | 两侧聚苯 模壳壁厚 t (mm) | 外墙主体部位 | | 外墙平均传热 系数 K_m 〔W/(m ² ·K)〕 |
|----|--------------------------|-------------------------------|--------------------------|--|--------------|---|
| | | | | 传热系数 K 〔W/(m ² ·K)〕 | 热惰性指标 D | |
| 1 | 250 | 160 | 45 | 0.85 | 3.12 | 0.92 |
| 2 | 320 | 160 | 80 | 0.53 | 4.30 | 0.58 |
| 3 | 380 | 160 | 110 | 0.40 | 5.30 | 0.44 |

注：外墙平均传热系数系指，包括外墙主体部位和周边热桥部位在内的平均传热系数。

4.2.5 楼梯间、电梯间钢筋混凝土墙体的保温，应按现行行业标准《民用建筑节能设计标准(采暖居住建筑部分)》JGJ26 和《夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准》JGJ 134的规定执行。

4.2.6 底层地面钢筋混凝土圈梁或地梁部位，以及采暖期室外平均温度低于-5℃地区的底层周边地面(由外墙内侧算起 2.0m 范围内)的保温，应按现行行业标准《民用建筑节能设计标准(采暖居住建筑部分)》JGJ 26 和《夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准》JGJ 134 的规定执行。

5 结构非抗震设计

5.1 一般规定

5.1.1 水泥聚苯模壳格构式混凝土墙体住宅建筑设计的使用年限应采用 50 年。

5.1.2 由水泥聚苯模壳格构式混凝土墙体、钢筋混凝土边缘构件、圈梁、楼板、屋面板等构成的住宅建筑结构,宜采用横墙承重或纵横墙共同承重的体系。内力与变形宜采用线弹性分析方法计算。格构式混凝土墙体住宅建筑结构的承载能力极限状态计算和正常使用极限状态计算,应采用以概率理论为基础的极限状态设计方法,宜采用分项系数设计表达式进行设计。

5.1.3 格构式混凝土墙体住宅建筑结构应按现行国家标准《建筑结构可靠度设计统一标准》GB 50068 规定的二级安全等级进行设计。

5.1.4 格构式混凝土墙体的混凝土格构柱和格构梁内必须配置钢筋。格构柱、梁的混凝土强度等级,对 4~6 层住宅不宜低于 C30,也不宜大于 C50。

5.1.5 格构式混凝土墙体结构应符合下列要求:

- 1 应满足承载力、刚度和变形要求;
- 2 平面宜简单规则,刚度和承载力应分布均匀。结构平面布置应减少扭转影响,不应采用严重不规则的平面布置;
- 3 结构竖向体型宜规则、均匀,结构侧向刚度宜下大上小,逐渐均匀变化,不应采用竖向布置严重不规则的结构;
- 4 房屋层高不宜大于 3m,开间不宜大于 4.8m;
- 5 墙肢截面高度不宜小于 800mm,且至少应具有两个完整的格构柱;
- 6 格构式混凝土墙体建筑上的门窗洞口宜上下对齐,成列

布置。

5.1.6 格构式混凝土墙体建筑中的屋面应采用现浇混凝土结构；楼面宜优先采用现浇混凝土结构，也可采用叠合装配整体式混凝土结构。

5.2 截面承载力计算

5.2.1 格构式混凝土墙体应进行正截面承载力、斜截面承载力、局部受压承载力计算。

5.2.2 格构式混凝土墙体的正截面受压承载力计算应针对墙体內的格构柱进行。在规定的楼面活荷载和结构自重设计值作用下，当格构柱內平均压应力小于 $0.5f_c$ (f_c 为混凝土轴心抗压强度设计值) 时，可不进行正截面受压承载力计算。当需要计算时，遵照现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定，对配置单根纵筋的格构柱应按素混凝土构件进行计算，其他配筋形式应按钢筋混凝土构件进行计算。

5.2.3 当格构柱直径为 160mm、间距为 400mm 时，格构式混凝土墙体的斜截面受剪承载力应按下列式计算：

$$V \leq \frac{0.5}{\lambda - 0.5} \psi f_t b_e h \quad (5.2.3)$$

式中 V ——墙体计算截面的剪力设计值；

λ ——计算截面处的剪跨比， $\lambda = M/Vh$ ， M 为墙体计算截面与剪力设计值相对应的弯矩设计值。当 λ 小于 1.5 时，取 $\lambda = 1.5$ ；当 λ 大于 2.2 时，取 $\lambda = 2.2$ ；当计算截面与墙底间的距离小于 $h/2$ 时， λ 应按距墙底 $h/2$ 处的弯矩设计值与剪力设计值计算；

f_t ——混凝土轴心抗拉强度设计值；

b_e ——格构式混凝土墙体的截面折算厚度，取 110mm；

h ——格构式混凝土墙体的截面高度；

ψ ——形状系数，取 0.7。

5.2.4 当局部集中力作用在格构柱上时,局部受压承载力应按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定计算。对配置单根纵筋的格构柱应按素混凝土构件进行计算;对其他配筋形式宜按钢筋混凝土构件进行计算。当局部集中力直接作用在格构柱之间时,应设置梁垫。

5.3 构造措施

5.3.1 格构式混凝土墙体住宅建筑结构的伸缩缝间距不宜大于 55m。

5.3.2 格构柱、梁内应各自配置带肋钢筋,其配筋百分率不应小于 0.2%。当芯孔直径为 160mm 时,钢筋直径不应小于 12mm;当芯孔直径为 200mm 时,钢筋直径不应小于 14mm。

5.3.3 格构式混凝土墙体住宅建筑结构应每层设置内、外封闭的圈梁,且圈梁上表面与楼板上表面宜在同一标高处。圈梁宽度不应小于 160mm,对于外墙不应超出格构柱的外边缘,对于内墙宜与墙厚相同。圈梁截面高度不应小于 150mm;应配置不少于四根直径 10mm 的纵向钢筋,箍筋直径不应小于 6mm,间距不应大于 250mm (见图 5.3.3)。

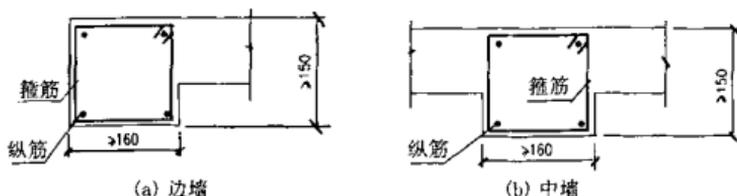


图 5.3.3 圈梁配筋构造

5.3.4 现浇混凝土楼板边缘宜与圈梁外边缘重合。边跨现浇楼板与外墙的连接宜按简支端设计,在简支端应配置上部构造钢筋。上部构造钢筋锚入格构柱内时,其锚固长度应符合受拉锚固要求 (图 5.3.4);当无法锚入格构柱内时,也可锚入圈梁内。

5.3.5 在室内地坪标高处应设置一道基础圈梁。圈梁在内外墙

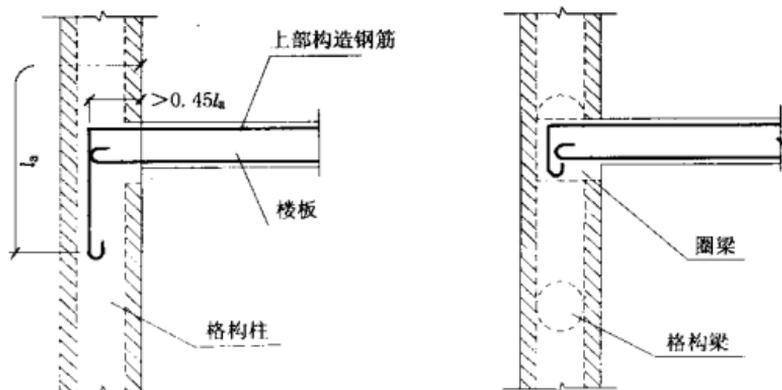


图 5.3.4 边跨楼板钢筋的锚固

处接通交圈,其宽度与墙体厚度相同。内墙基础圈梁的高度不应小于 300mm,外墙基础圈梁的顶面应比室外地坪低 100mm。圈梁内应配置不少于四根直径 10mm 的钢筋;箍筋直径不应小于 6mm,间距不应大于 250mm。

5.3.6 格构式混凝土墙体两端的竖向芯孔内应配置纵向受力钢筋及箍筋,形成构造边缘构件。每端构造边缘构件竖向芯孔内的纵向受力钢筋不宜少于三根直径 12mm 的钢筋;箍筋直径不应小于 6mm,间距不应大于 250mm(图 5.3.6)。中间竖向芯孔内应配置 1 根直径不小于 12mm 的钢筋。

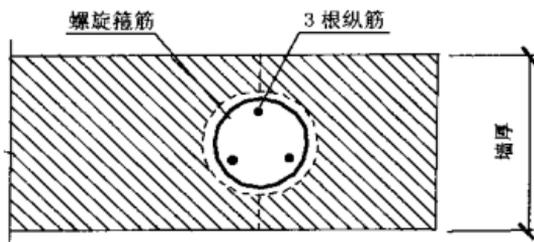


图 5.3.6 墙体两端构造边缘构件中的纵向受力钢筋

5.3.7 格构式混凝土墙体门窗洞口上方的过梁应由圈梁和不少于

一根格构梁组成。每根格构梁内应配置不少于三根直径 10mm 的钢筋,圈梁和最下方格构梁中的纵向钢筋应采用竖向钢筋拉接。拉筋不应少于二根,直径不应小于 10mm,间距不应大于 400mm(图 5.3.7)。

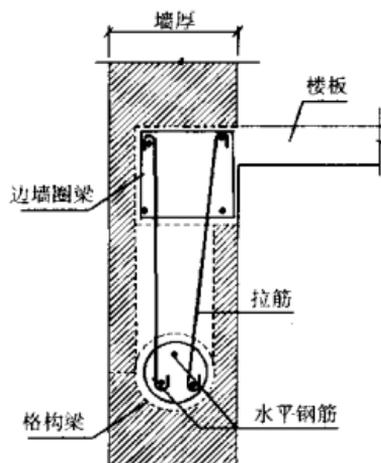


图 5.3.7 门窗洞口过梁构造配筋

5.3.8 在房屋外墙的四角、内横墙与外纵墙以及内纵墙与山墙的连接处,均应设置构造边缘构件,其截面宽度不应小于 140mm,高度不应小于 220mm;其纵向钢筋不应少于四根直径 12mm 的钢筋,箍筋直径不应小于 6mm,间距不应大于 250mm(图 5.3.8)。

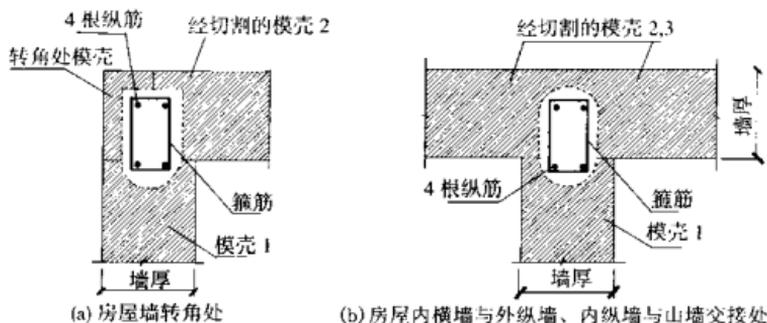


图 5.3.8 房屋墙体连接处构造边缘构件的配筋

5.3.9 在房屋纵、横墙呈 L 形、T 形交接处,格构式混凝土墙体水平芯孔内的水平钢筋应相互搭接,弯折长度不宜小于 400mm(图 5.3.9)。

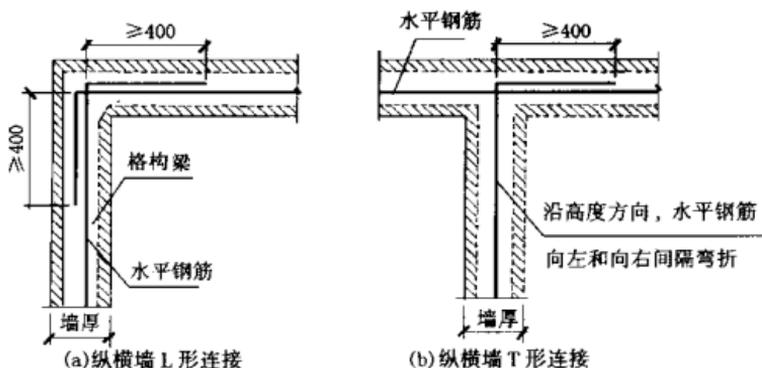


图 5.3.9 房屋墙体连接处芯孔内水平钢筋的连接

5.3.10 格构柱内的纵筋可直接锚入基础圈梁内,也可采用与基础圈梁内预留锚筋搭接连接的方式。格构柱内纵筋和基础圈梁内插筋的锚固长度均应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定。当锚固长度不足时,锚固钢筋可弯折 90°,弯折钢筋的竖向直线段长度不应小于 $15d$ 。预留插筋的数量和直径不应小于竖向芯孔内的配筋。基础圈梁内插筋与上部竖向芯孔内钢筋的搭接长度不应小于 $1.6l_a$ (l_a ——纵向受拉钢筋的锚固长度)(图 5.3.10)。

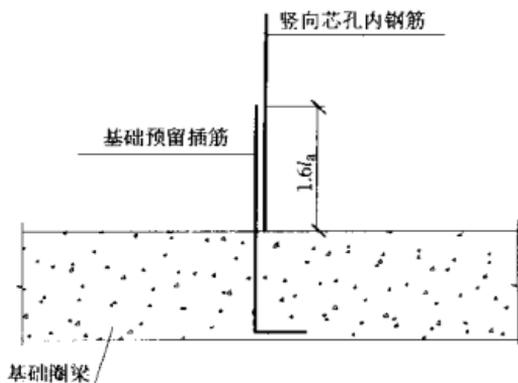


图 5.3.10 基础圈梁内预留插筋

5.3.11 构造边缘构件中的纵向钢筋应穿过圈梁,上下贯通。

5.3.12 楼梯、电梯间应采用现浇钢筋混凝土结构,墙体厚度不应小于 160mm。

5.3.13 格构式混凝土墙体住宅建筑中采用的钢筋混凝土结构构件均应按照现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定进行设计。

6 结构抗震设计

6.1 一般规定

6.1.1 在抗震设防地区,格构式混凝土墙体住宅建筑结构应按本章的规定进行抗震设计。

6.1.2 格构式混凝土墙体住宅建筑结构的抗震设计应符合下列要求:

1 合理规划,选择对抗震有利的场地,尽量避开危险地段;

2 住宅建筑中,每层应设置现浇钢筋混凝土圈梁、现浇混凝土楼板或屋面板、约束边缘构件、格构柱和加强格构柱。墙体与墙体之间、墙体与楼板、屋面板之间的连接均应具有必要的强度和变形能力。

6.1.3 在抗震设防地区,格构式混凝土墙体住宅结构应符合下列要求:

1 应采用横墙承重或纵横墙共同承重的结构体系;

2 纵横墙的布置宜均匀对称,平面内宜对齐,竖向应上下连续;

3 在格构式混凝土墙体的端部应设置约束边缘构件;

4 楼梯间不宜设置在房屋的端头或转角处。

6.1.4 对格构式混凝土墙体住宅建筑结构,在8度抗震设防地区开间不宜大于4.5m,在6、7度抗震设防地区开间不宜大于4.8m。建筑层高不宜大于3.0m。

6.1.5 结构抗震验算应采用现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011规定的底部剪力法或振型分解反应谱法,计算中地震影响系数可取 α_{\max} 。

6.2 截面承载力计算

6.2.1 当按本规程进行结构计算时,格构式混凝土墙体的抗震调整系数 γ_{RE} 可统一取 0.85。

6.2.2 考虑地震作用组合时,格构式混凝土墙体的正截面受压承载力应按本规程第 5.2.2 条的规定计算,且应除以承载力抗震调整系数 γ_{RE} 。

6.2.3 考虑地震作用组合时,格构式混凝土墙体的斜截面受剪承载力应按下式计算:

$$V \leq \frac{1}{\gamma_{RE}} \left(\frac{0.4}{\lambda - 0.5} \psi f_t b_c h \right) \quad (6.2.3)$$

6.3 抗震构造措施

6.3.1 格构式混凝土墙体端部约束边缘构件的设置应符合下列要求:

1 对外墙转角处和内外墙交接处的约束边缘构件,其截面宽度不应小于 140mm,高度不应小于 220mm;其纵向钢筋,6 度时不应少于四根直径 12mm、7 度时不应少于四根直径 14mm、8 度时不应少于四根直径 16mm 的钢筋;其箍筋,直径不应小于 6mm,间距不应大于 200mm;

2 对其他约束边缘构件(如门窗洞口两侧),其截面面积不应小于一个完整格构柱的截面面积;其纵向钢筋,6 度时不应少于三根直径 12mm、7 度时不应少于三根直径 14mm、8 度时不应少于三根直径 16mm 的钢筋;其箍筋,直径不应小于 6mm,间距不应大于 200mm;

3 约束边缘构件的纵向钢筋应穿过圈梁,上下贯通。

6.3.2 格构式混凝土墙体的格构柱、格构梁应符合下列要求:

1 在每个竖向、水平芯孔内,钢筋的设置应遵守本规程第 5.3.2 条的规定;

2 格构柱中的钢筋应贯通墙身(门窗洞口部位除外),并与顶层圈梁连接;

3 格构式混凝土墙体在房屋纵、横墙呈 L 形、T 形连接处,水平芯孔内的水平钢筋应相互搭接,弯折长度不应小于锚固长度 l_{aE} (图 5.3.9)。

6.3.3 格构式混凝土墙体中加强格构柱的设置应符合下列要求:

1 当墙肢较长时应设置加强格构柱。在 7、8 度抗震设防地区,每连续不超过三根格构柱应设置一根加强格构柱;在 6 度抗震设防地区,每连续不超过四根格构柱应设置一根加强格构柱(图 6.3.3);

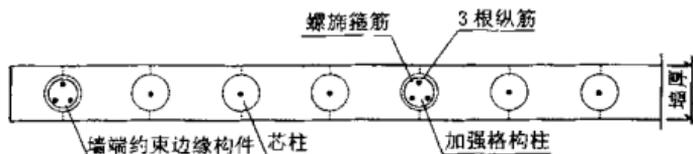


图 6.3.3 7、8 度抗震设防地区,格构式混凝土墙体中设置的加强格构柱

2 内横墙与内纵墙交接处应设置加强格构柱;

3 加强格构柱中的纵向钢筋不应少于三根直径 12mm 的钢筋;箍筋直径不应小于 6mm,间距不应大于 200mm;

4 加强格构柱的纵向钢筋应穿过圈梁,上下贯通。

6.3.4 格构式混凝土墙体住宅建筑结构的圈梁应符合下列要求:

1 圈梁应按本规程第 5.3.3 条的规定设置。圈梁的纵向钢筋,6 度时不应少于四根直径 10mm、7、8 度时不应少于四根直径 12mm 的钢筋。箍筋直径均不应小于 6mm,间距不应大于 200mm;

2 基础圈梁应按本规程第 5.3.5 条的规定设置。其纵向钢筋,6 度时不应少于四根直径 10mm、7 度时不应少于四根直径 12mm、8 度时不应少于四根直径 14mm 的钢筋。箍筋直径均不应

小于 6mm,间距不应大于 200mm。

6.3.5 格构柱内纵筋与基础圈梁的连接做法应遵照本规程第 5.3.10 条的规定,纵筋锚固长度不应小于 l_{aE} (l_{aE} 可取 $1.15l_a$),且不小于 500mm;搭接长度不应小于 $1.6l_{aE}$ 。

6.3.6 楼梯、电梯间应遵照本规程第 5.3.12 条的规定执行。楼梯、电梯间单元门一侧的门、窗洞口上方应形成连梁。连梁高度不宜小于 1.0m,其配筋与截面承载力计算均应按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定执行。

6.3.7 在 7、8 度抗震设防地区,应按下列要求进行防倒塌验算:

格构式混凝土墙体边缘构件和加强格构柱,应能承受自重标准值和 50%活荷载标准值的总和。验算时均应采用钢筋和混凝土强度的标准值。

注:防倒塌验算中,计算竖向承载力时,不宜计入格构柱的作用。

7 施工及验收

7.1 一般要求

7.1.1 水泥聚苯模壳吊装、运输、存放和安装时,应根据材料特性,采取保证模壳体形完整、安装质量和生产安全的措施。

7.1.2 模壳芯孔内浇筑的自密实混凝土和其他构件浇筑的普通混凝土,其配合比设计、外加剂选用,均应按本规程以及现行有关标准执行。

7.1.3 水泥聚苯模壳格构式混凝土墙体工程的主要施工工序应符合下列规定(图 7.1.3):

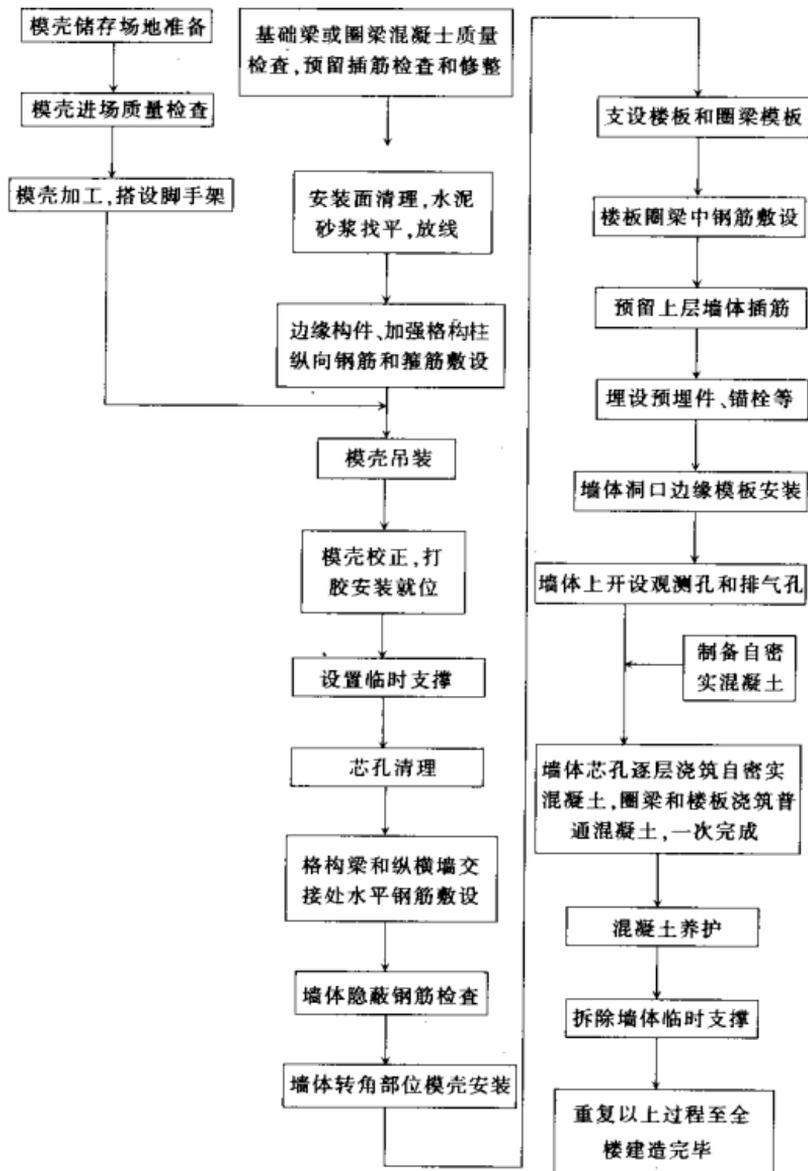


图 7.1.3 水泥聚苯模壳格构式混凝土墙体工程的主要施工工序

7.2 模壳工程

7.2.1 模壳的质量应符合产品标准的要求。不合格的产品严禁安装使用。

7.2.2 模壳应按拼装图安装,从外墙墙角开始,向两边顺序进行,逐层逐间、先外后内。在墙体交接和门窗洞口处,模壳应按构造设计要求拼装。

7.2.3 非标准尺寸模壳宜在安装前完成切割;对安装较困难的孔洞,可在墙体安装后进行切割。

7.2.4 模壳工程验收的主控项目应符合下列要求:

1 进场的模壳应具有产品合格证和出厂质量检验报告,并符合产品标准的要求:

检验数量:按进场批次检查;

检验方法:查验产品进场质量文件;

2 模壳与支承面间的连接应位置准确、密实可靠:

检验数量:全数检查;

检验方法:观察;

3 临时支撑应具有足够的承载力、刚度和稳定性:

检验数量:全数检查;

检验方法:观察。

7.2.5 模壳工程验收的一般项目应符合下列要求:

1 模壳的外观质量应符合表 7.2.5-1 的要求:

检验数量:全数检查;

检验方法:观察和量测;

表 7.2.5-1 模壳外观质量要求

| 项次 | 项 目 | 质量要求 |
|----|-------------------------|---------|
| 1 | 外表面不平整 | 无 |
| 2 | 缺棱(长不小于 50mm,深不小于 10mm) | 不超过 3 处 |

续表 7.2.5-1

| 项次 | 项 目 | 质量要求 |
|----|------------------|-------|
| 3 | 掉角(不小于50mm×50mm) | 不超过3处 |
| 4 | 空腔凸鼓、缺损 | 无 |
| 5 | 空腔错位(不小于8mm) | 无 |

2 模壳的几何尺寸应符合表 7.2.5-2 的要求:

检验数量:按同一规格每 100 件为一批,随机抽取三件进行检查;

检验方法:量测。

表 7.2.5-2 模壳几何尺寸允许偏差

| 项次 | 项 目 | | 允许偏差(mm) |
|----|----------|-----|---------------------------------------|
| 1 | 截面 尺寸 | 长 度 | ±10 |
| 2 | | 宽 度 | ±3 |
| 3 | | 厚 度 | ±3 |
| 4 | 侧向弯曲 | | $L/2000$ 且 ≤ 15 , L 为单件模壳长度 |

7.3 钢筋工程

7.3.1 钢筋原材料、钢筋加工、钢筋连接、钢筋安装等均应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 的规定。

7.3.2 模壳芯孔内的受力钢筋敷设宜采用绑扎搭接,并应配合模壳安装交叉进行。对钢筋的安装质量应做好隐蔽工程检查。

7.3.3 竖向芯孔内敷设钢筋,除单根钢筋外,均宜在模壳安装前进行。

7.3.4 水平芯孔内敷设钢筋,宜在一间房的整片模壳安装完成后进行。转折搭接钢筋宜在现场加工。在与墙角边缘构件的钢筋相交处应绑扎牢固,其他位置可不绑扎。

7.3.5 格构式混凝土墙体转角处呈 L 形连接的模壳,可在整层墙体模壳安装完成后进行安装[图 5.3.8(a)]。转角模壳宜采用模壳边端件或由平板模壳切割拼装成形。

7.3.6 钢筋工程验收的主控项目应符合下列要求:

1 受力钢筋的品种、规格和数量必须符合设计要求和产品标准的规定:

检验数量:抽查有代表性自然间总数的 10%,且不少于三间;

检验方法:观察,钢尺量测;

2 绑扎接头应牢固、可靠:

检验数量:抽查有代表性自然间总数的 10%,且不少于三间;

检验方法:观察;

3 相邻构件受力钢筋的连接必须符合本规程第 5.3.7 条的要求和现行有关标准的规定:

检验数量:全数检查;

检验方法:观察;

4 纵向受力钢筋与基础(或圈梁)插筋的连接必须符合本规程第 5.3.5 条的要求和现行有关标准的规定:

检验数量:全数检查;

检验方法:观察、钢尺量测。

7.3.7 钢筋工程验收的一般项目应符合下列要求:

1 钢筋安装位置的偏差应符合表 7.3.7 的要求:

表 7.3.7 钢筋安装位置允许偏差

| 项 目 | 允许偏差(mm) | 检 验 方 法 |
|---------|----------|---------------|
| 长 | ± 10 | 钢尺检查 |
| 钢筋骨架宽、高 | +3, -5 | 钢尺检查 |
| 间距 | ± 10 | 钢尺检查 |
| 保护层厚度 | ± 5 | 钢尺检查 |
| 箍筋间距 | ± 20 | 钢尺检查,连续三档取最大值 |

检验数量:抽查有代表性自然间总数的 10%,且不少于三间;

检验方法:钢尺量测;

2 竖向单根钢筋宜按芯孔中心位置敷设,其允许偏差为30mm;

检验数量:全数检查;

检验方法:观察。

7.4 混凝土工程

7.4.1 水泥聚苯模壳格构式混凝土墙体结构所用的混凝土应符合下列规定:

1 楼板、圈梁及楼梯间应采用普通混凝土浇筑,其配制应符合现行行业标准《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55 的要求;

2 楼板、圈梁及楼梯间普通混凝土的施工及验收应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 的规定;

3 墙体芯孔中应采用自密实混凝土,其粗骨料粒径不宜超过20mm,其拌合物的性能应满足下列要求:

1)坍落度 $S_{10} \geq 255\text{mm}$;

2)坍落扩展度 $L_{d1} \geq 550\text{mm}$;

3)流动度 $L_{d1} \geq 600\text{mm}$;

4)充填性 $H \leq 5\text{mm}$;

5)抗离析性 $\Delta G \leq 7\%$;

6)保塑性 90min 内符合上述指标。

7.4.2 墙体芯孔自密实混凝土的施工除应满足现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 的规定外,尚应符合下列规定:

1 浇筑前应进行下列隐蔽工程检查:

1)全部模壳的拼装质量和支撑应符合要求;

2)全部钢筋应按设计要求配置,保证钢筋保护层的措施可靠;

3)所有芯孔通顺并已清理干净,浇筑混凝土前一天可用水适当冲洗、浸润空腔,但不得留有明水;

4) 墙体模壳的临时支撑以及洞口部位的模板,应保证混凝土浇筑时不出现漏浆;

5) 电气及水暖预埋管线、预埋件、孔洞等应按设计要求留设;

2 芯孔自密实混凝土每次浇筑的高度不应大于 1.5m,可在每层范围内,距楼面或地面约 0.2m 和 1.5m 处沿墙体模壳芯孔的侧壁开设两行观察孔,观察孔的水平间距不宜大于 1.5m。芯孔混凝土浇筑时宜一次移动两个孔,且应沿全墙体连续浇筑,两次浇筑的间歇时间不得超过混凝土的初凝时间;

3 浇筑混凝土应按下列要求进行:

1) 先在墙体芯孔内浇筑免振捣自密实混凝土,随后在圈梁和楼板部位浇筑普通混凝土。在每个施工段内,浇筑应一次完成;

2) 应先浇筑宽度超过 1.2m 的洞口下部芯孔,并及时将完成浇筑的孔口封堵;

4 混凝土浇筑完毕后应立即清除粘在墙体上的多余混凝土;

5 雨后施工时,墙体芯孔内不应存有明水。不宜在雨中浇筑混凝土。刚浇筑完成的混凝土要防止雨水冲刷;

6 冬期施工应按照现行行业标准《建筑工程冬期施工规程》JGJ 104 执行;

7 当墙体芯孔内的混凝土强度达到 5MPa 后,方可拆除临时支撑。

7.4.3 芯孔自密实混凝土工程验收的主控项目应符合下列规定:

1 自密实混凝土拌合物的性能应满足本规程第 7.4.1 条第 2 款的规定。

检验数量:在施工前,质量验收人员与混凝土供应商应确认所提供的混凝土拌合物的全部性能满足要求;

在施工中,对坍落度和坍落扩展度每天至少应进行两次试验,上、下午各一次;

在.施工过程中,当对混凝土拌合物的质量有怀疑时,应对流动

性、充填性和抗离析性三项性能进行试验。

检验方法:检查试验报告。坍落度、坍落扩展度、充填性、流动性、抗离析性和保塑性试验应按本规程附录 A 的规定进行,试验的结果应满足要求。

如有一项不符合要求,可做第二次试验,如第二次试验合格,则混凝土为合格,否则为不合格。如有两项或两项以上不符合要求,则混凝土为不合格。

注:从事墙体芯孔自密实混凝土施工质量验收的人员,应在接受专项技术培训后上岗。

2 自密实混凝土的强度等级应符合本规程第 5.1.4 条的规定。

检验数量:按同一配合比、同一台班的混凝土为一检验批。每一检验批抽查一组(三块)试件。

检验方法:按现行国家标准《普通混凝土力学性能试验方法标准》GB/T 50081 的规定进行。

7.5 水泥聚苯模壳格构式混凝土墙体分项工程验收

7.5.1 水泥聚苯模壳格构式混凝土墙体工程一般项目的验收应符合表 7.5.1 的要求。

检验数量:按楼层、结构缝或施工区段划分检验批。在同一检验批中抽查有代表性自然间总数的 10%,且不少于三间。

检验方法:水准仪、经纬仪或拉线、钢尺量测。

表 7.5.1 水泥聚苯模壳格构式混凝土墙体工程的几何尺寸要求

| 序号 | 项目名称 | | 允许偏差(mm) | 检查方法 |
|----|------|--------|---------------------------------------|-----------|
| 1 | 轴线位置 | | 5 | 经纬仪、钢尺 |
| 2 | 垂直度 | 每层 | 5 | 经纬仪或拉线、钢尺 |
| | | 全高 H | $(H/1000, \text{且} \leq 30\text{mm})$ | 经纬仪或拉线、钢尺 |
| 3 | 楼层高度 | 每层 | ± 10 | 水准仪或拉线、钢尺 |
| | | 全高 | ± 30 | 水准仪、钢尺 |

续表 7.5.1

| 序号 | 项目名称 | 允许偏差(mm) | 检查方法 |
|----|----------|----------|----------|
| 4 | 表面平整度 | 5 | 2m 靠尺、塞尺 |
| 5 | 相邻模壳表面高差 | 5 | 钢尺 |
| 6 | 上、下窗口偏移 | ±15 | 经纬仪、钢尺 |
| 7 | 门窗洞口宽度 | ±10 | 钢尺 |
| 8 | 门窗洞口高度 | +15,-5 | 钢尺 |

注:检查轴线位置时,应沿纵、横两个方向量测,取其中较大值。

7.5.2 水泥聚苯模壳格构式混凝土墙体分项工程验收后,应形成下列文件资料:

- 1 施工图及设计变更文件;
- 2 水泥聚苯模壳产品的合格证和出厂检验报告;
- 3 工程定位测量、放线记录;
- 4 原材料合格证和进场复验报告;
- 5 混凝土配合比试验报告;
- 6 混凝土试件的性能试验报告;
- 7 混凝土工程施工记录和自密实混凝土检查记录;
- 8 冬期施工记录;
- 9 隐蔽工程验收记录;
- 10 各分项工程验收记录;
- 11 工程重大质量问题的处理和验收记录;
- 12 其他必要的文件和记录。

7.6 合格判定

7.6.1 水泥聚苯模壳格构式混凝土墙体工程检验批的质量符合下列规定时,应判定为合格:

- 1 抽查样本均符合本规程第 7.2.4、7.3.6、7.4.3 条规定的主控项目的要求;
- 2 抽查样本的 80% 以上符合本规程第 7.2.5、7.3.7、7.5.1

条规定的一般项目的要求,其余样本不得有明显影响质量的缺陷,其中允许偏差项目的最大偏差值不得超过规定允许偏差值的 1.5 倍。

7.6.2 对分项工程,当各检验批的质量均验收合格后应判定为合格。

附录 A 自密实混凝土性能试验方法

A.1 坍落度和坍落扩展度试验

A.1.1 坍落度和坍落扩展度试验除应符合现行国家标准《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》GB/T 50080 的规定外,尚应符合下列规定:

- 1 混凝土应分三层加入坍落度筒,每层厚度基本相等;
- 2 采用自密实方式成型,每加入一层混凝土不加振捣,待表面呈水平面后,再加入下一层混凝土,直至筒口。

A.2 流动度试验

A.2.1 流动度试验所用的 L 型仪,由 10mm 厚透明有机玻璃做成的 L 形箱体和插板组成,L 形箱体由敞口长方体和溜槽相连并相通。L 型仪的箱体尺寸见图 A.2.1。

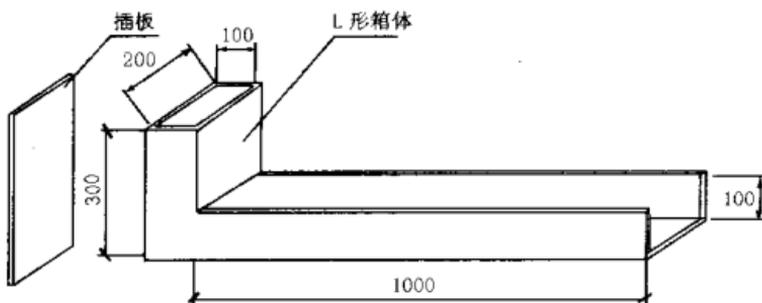


图 A.2.1 L 型仪箱体尺寸

A.2.2 流动度试验应按下列步骤进行:

- 1 用湿布湿润 L 型仪的内壁和插板;

2 插上插板,堵住通向溜槽的通道。混凝土拌合物分两次不加任何振捣地装入 L 型仪左侧的箱体中,直至与上口平齐,并用抹刀刮平上表面(图 A. 2. 2 1);

3 提起插板并计时,混凝土拌合物从通道流出,测量 2min 时 L_f 的长度,精确至 1mm(图 A. 2. 2-2)。

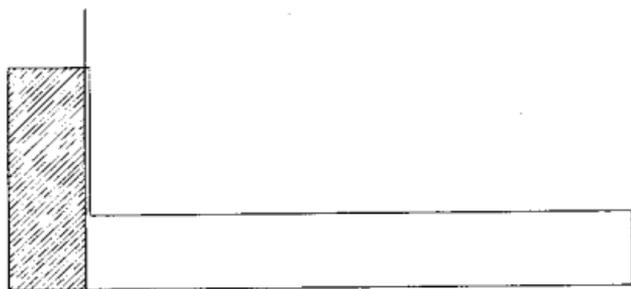


图 A. 2. 2 1 混凝土装入 L 型仪示意

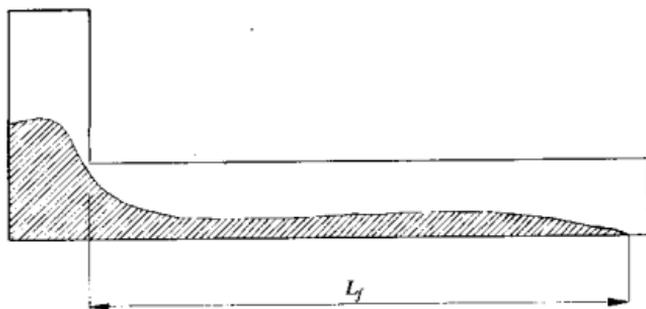


图 A. 2. 2-2 测量 L_f 示意

A. 3 充填性试验

A. 3. 1 充填性试验所用的 U 型仪,由 10mm 厚透明有机玻璃做成的 U 形箱体和插板组成,U 形箱体的顶面敞口,中间隔板的底端距箱底板 60mm,形成左、右两箱相通的通道。U 型仪的箱体尺

寸见图 A. 3. 1。

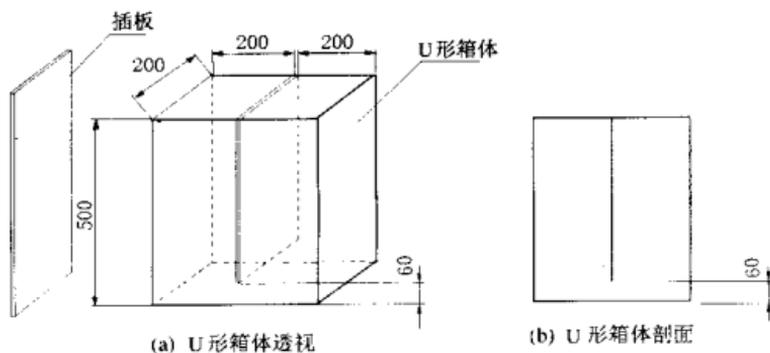


图 A. 3. 1 U型仪箱体尺寸

A. 3. 2 充填性试验应按下列步骤进行：

- 1 用湿布湿润 U 型仪的内壁和插板；
- 2 插上插板，封闭底部 60mm 的空隙，混凝土拌合物分三等分不加任何振捣地装入 U 型仪左侧的箱体中，直至与上口平齐，并用抹刀刮平上表面(图 A. 3. 2-1)；

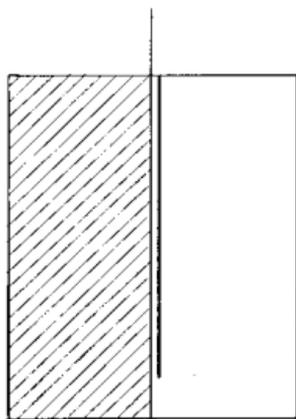


图 A. 3. 2-1 装入混凝土示意

- 3 提起插板并计时，混凝土拌合物从底部的通道流入右箱。

测量 2min 时两边混凝土拌合物表面的高差 H , 精确至 1mm(图 A. 3. 2-2)。

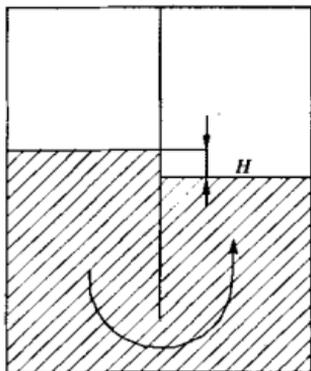


图 A. 3. 2-2 测量高差 H 示意

A. 4 抗离析性试验

A. 4. 1 抗离析性试验应按下列步骤进行:

1 将充填性试验做完后 U 型仪中左右箱的混凝土拌合物分别倒入两个容器中, 并分别确定质量 M_1 和 M_2 (图 A. 4. 1);

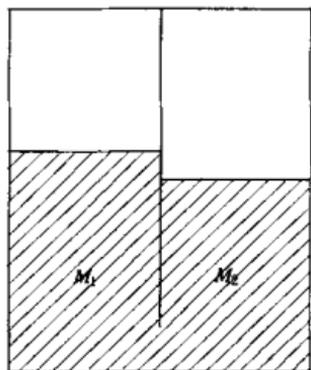


图 A. 4. 1 U 型仪中左右箱混凝土的质量

2 采用 5mm 标准筛将 M_1 混凝土拌合物中粒径大于 5mm 的粗骨料筛出、洗净,用干布擦干,并测定其质量 G_1 ;

3 用同样的方法测定 M_2 混凝土拌合物中粒径大于 5mm 的粗骨料质量 G_2 。

A.4.2 抗离析性 ΔG 按下式计算:

$$\Delta G = \frac{\frac{G_1}{M_1} - \frac{G_2}{M_2}}{\frac{G_1 + G_2}{M_1 + M_2}} \quad (\text{A.4.2})$$

式中 ΔG ——抗离析性(%);

G_1 、 G_2 ——左、右箱中粒径大于 5mm 粗骨料的质量(kg);

M_1 、 M_2 ——左、右箱混凝土拌合物的质量(kg)。

A.5 保塑性试验

A.5.1 保塑性试验应按下列步骤进行:

1 现场取样或实验室搅拌至少 90L 混凝土拌合物进行保塑性试验;其中 45L 混凝土拌合物,在取样或搅拌后立即进行坍落度、坍落扩展度、流动度、充填性和抗离析性试验;

2 将剩余的 45L 混凝土拌合物在一个不吸水、加盖的容器中放置 90min,再人工搅拌均匀后进行坍落度、坍落扩展度、流动度、充填性和抗离析性试验。

A.5.2 两次试验结果均应满足本规程第 7.4.1 条第 3 款中第 1)~5)项的规定。

A.6 自密实混凝土力学性能试验

A.6.1 自密实混凝土力学性能试验方法除混凝土试件的制作成型外,应符合现行国家标准《普通混凝土力学性能试验方法标准》GB/T 50081 的规定。

A.6.2 自密实混凝土试件的制作应符合下列规定:

1 在混凝土试件制作成型时,混凝土应分两层加入试模,每

层混凝土的厚度基本相等；

2 混凝土应自密实成型，加入第一层混凝土后不得振捣，待试模中的混凝土表面呈水平面后，再加入第二层混凝土直至与试模上口平齐；

3 待混凝土临近初凝时用抹刀刮平。

本规程用词说明

一、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”;反面词采用“不宜”。

表示有选择,在一定条件下可以这样做的,采用“可”。

二、规程中指明应按其他标准执行时,写法为:“应按……执行”或“应符合……的规定(或要求)”。

中国工程建设标准化协会标准

**水泥聚苯模壳格构式混凝土
墙体住宅技术规程**

CECS 173 : 2004

条文说明

目 次

| | | |
|------|----------------------------|------|
| 1 | 总 则 | (45) |
| 2 | 术语、符号 | (46) |
| 3 | 材 料 | (47) |
| 3.1 | 水泥聚苯颗粒 | (47) |
| 3.2 | 混凝土 | (48) |
| 3.3 | 钢筋 | (48) |
| 4 | 建筑和节能设计 | (49) |
| 4.1 | 建筑设计 | (49) |
| 4.2 | 建筑节能设计 | (52) |
| 5 | 结构非抗震设计 | (56) |
| 5.1 | 一般规定 | (56) |
| 5.2 | 截面承载力计算 | (56) |
| 5.3 | 构造措施 | (58) |
| 6 | 结构抗震设计 | (61) |
| 6.1 | 一般规定 | (61) |
| 6.2 | 截面承载力计算 | (61) |
| 6.3 | 抗震构造措施 | (62) |
| 7 | 施工及验收 | (64) |
| 7.1 | 一般规定 | (64) |
| 7.2 | 模壳工程 | (64) |
| 7.3 | 钢筋工程 | (65) |
| 7.4 | 混凝土工程 | (65) |
| 7.5 | 水泥聚苯模壳格构式混凝土墙体分项工程验收 | (67) |
| 附录 A | 自密实混凝土性能试验方法 | (68) |

1 总 则

1.0.1~1.0.3 编制本规程的目的是为了在我国住宅建设中安全、经济地推广高效节能的水泥聚苯模壳格构式混凝土墙体住宅建筑。建设部科技司早在2000年就召开了纳士塔建筑体系研讨会,研讨如何在我国推广这种体系。纳士塔建筑体系的核心技术就是水泥聚苯模壳格构式混凝土墙体。这种从国外引进的节能墙体在国外主要应用于2~3层建筑,而我国的城市住宅多为5~6层,且我国为多地震国家,保证在抗震设防地区5~6层的水泥聚苯模壳格构式混凝土墙体住宅的安全、经济、节能,是制定本规程的宗旨。

本规程规定了水泥聚苯模壳格构式混凝土墙体多层住宅所用材料的性能、建筑和节能设计、结构非抗震和抗震设计,以及施工及质量验收等。同时,明确规定了本规程的适用范围。在本规程适用范围以外采用水泥聚苯模壳格构式混凝土墙体建筑,需另作专门研究,以保证满足安全、经济的要求。

在总则中还交待了本规程与我国其他现行国家和行业标准之间的关系。基本原则是,需专门作规定的内容已列入本规程内,其他未列入的均应遵守现行国家和行业标准的规定,关系密切的标准已在本规程中列出。

最后值得说明的是,本规程系首次编制,当我国有了更多推广应用的经验后,本规程将适时加以修订。

2 术语、符号

在本节中仅列出了本规程专门使用的术语、符号,并做了解释。其他术语、符号均沿用现行标准中的术语、符号,不再重复规定。

3 材 料

3.1 水泥聚苯颗粒

3.1.1 水泥聚苯颗粒由水泥、聚苯颗粒、外加剂和水按一定的比例配制而成。其中外加剂是保证其力学性能和物理性能的专门材料。

1 干密度:根据 ICBO(国际建筑官员协会)的评估报告,按照美国 UBC 标准,水泥聚苯颗粒的干密度平均值为 $350\text{kg}/\text{m}^3$ 。

2 抗压、抗拉强度:根据美国 RASTRA 公司提供的资料确定,出自 1980 年 6 月出版的德国工业标准《建材、构件和体系一般规则》DIN18200 中的试验检测结果。

3 导热系数:摘自 1983 年 10 月 10 日奥地利维也纳市试验研究所 MA39 报告,干密度为 $350\text{kg}/\text{m}^3$ 的水泥聚苯颗粒的导热系数值为 $0.083\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$,国内也做了验证。

4 抗冻性:摘自 1980 年 10 月 24 日奥地利维也纳高等技术学院和研究所试验报告:按奥地利标准 ÖNORM B: 3123 的规定,试样用更换汽化水沸煮……,在 -20°C 下冰冻……,经 50 个冻融循环后,没有看得见的缺陷,也未测出抗压强度降低,材料定级为“最大抗霜冻能力”。

5 质量吸水率:根据中国建筑科学研究院建筑工程材料及制品研究所试验报告(编号 JC2004—0006),测定为 34.5%。

6 水泥聚苯颗粒经模压成型的模壳,除了有优良的保温、隔热、防火、隔声、抗冻等性能外,还不生霉、不生虫,能锯、能钉,可雕琢、可加工成各种不同线脚与花饰。水泥聚苯颗粒模壳经拼排粘结、芯孔灌入混凝土的墙体,其收缩值不到 $0.15\text{mm}/\text{m}$,可忽略不计。

3.1.2 聚苯乙烯泡沫塑料颗粒系指专门生产的泡沫塑料颗粒,也可用废旧聚苯乙烯泡沫塑料破碎而成。

3.2 混凝土

3.3 钢筋

这两节均引自现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB50010。

4 建筑和节能设计

4.1 建筑设计

4.1.1 水泥聚苯模壳格构式混凝土墙体是一种既能保温、隔热,又能承重的一体化墙体。它是美国 RASTRA(纳士塔)公司的专有技术,获得了 ISO 9000 国际质量体系认证,并有 ICBO(国际建筑官员协会)颁发的使用证书。

由于受结构承重与抗震能力的限制,目前该墙体限于在新建的多层住宅建筑中使用。与多层住宅建筑功能相近的其他新建的多层民用建筑,也可采用水泥聚苯模壳格构式混凝土墙体结构体系。

根据墙体的特点与目前对它的认识程度,该墙体多层住宅建筑的建筑设计除执行本规程外,同时还应符合国家现行有关的建筑设计标准。

4.1.2 为推进住宅产业化,根据对纳士塔(RASTRA)产品的研究,水泥聚苯模壳格构式混凝土墙体中各种水泥聚苯颗粒模壳构件的宽度尺寸均采用 400mm,因此多层住宅水泥聚苯模壳格构式混凝土墙体的建筑平面模数宜采用 4M,建筑层高模数宜采用 1M。

水泥聚苯模壳格构式混凝土墙体中,由水泥聚苯模壳形成竖向、水平芯孔,浇筑混凝土后形成钢筋混凝土格构梁、柱等,两者在厚度方向上的中心线位置是一致的,所以,设定该墙体的墙身定位轴线宜采用中心线定位法,即在建筑设计中该墙身的定位轴线是其墙身厚度的中心线。

4.1.3 水泥聚苯模壳格构式混凝土墙体上挑出的建筑构配件,如阳台、雨篷、遮阳板、搁板、室外楼梯、配水管及体量较大的装饰线

脚等均应与建筑梁、楼板、墙体格构梁柱、边缘构件等形成一体或有牢固的连接。

为了满足建筑使用功能的要求,必须在模壳拼排平、立面图上详细标注门、窗等各种洞口的大小、位置;预埋在墙体内的管线位置、起止高度;附着或悬挂于墙体表面的管线、设备及其与墙体承重体系间的连接件位置;各种建筑构配件及各种预埋件位置等。水泥聚苯模壳格构式混凝土墙体住宅的主要承重结构为格构式混凝土墙体,埋入格构梁、柱内的管线会占据格构梁、柱的有效截面,因此,必须得到结构设计的确认。

4.1.4 为保护水泥聚苯模壳格构式混凝土墙体,避免墙面受损,增加使用寿命,其墙面应做饰面防护层。

1 当墙体用作外墙时,外表面宜采用有防护层的涂料饰面,其做法是墙面上抹抗裂砂浆,中间压入一层普通耐碱玻纤网格布(首层加铺一层加强型网格布),再做底涂及涂料面层;当有定期维护措施时也可在外表面采用有腻子的涂料饰面,其主要做法是先在墙面上刮柔性耐水腻子找平、修补,再做涂料面层。

水泥聚苯模壳是在专业工厂中通过自动化设备模压而成的构件,外型尺寸准确、误差小,只要精心施工,墙体表面的平整度就能达到饰面层对其基层的要求。室内墙体表面如局部不平整,可用专用工具磨平或刮一层腻子后再做涂料、釉面砖等饰面。

2 对于突出墙面的建筑构配件如雨篷、阳台、遮阳板、搁板、室外楼梯、雨水管及装饰线脚等,均要求做好防水、泛水、排水及滴水。

3 墙体用于厕所、浴室、厨房、水泵间等高湿度房间时,其饰面层的基层表面必须做防水涂料隔离层,并与该房间的楼地面防水层有可靠的结合。

在首层,由于墙体必须浇筑在基础圈梁上,所以水泥聚苯模壳格构式混凝土墙身可不设防潮层。

4.1.5 为了保护水泥聚苯模壳格构式混凝土墙体,住宅的屋面应

采用有组织排水系统。对于低层或檐高不大于 10m 的住宅,屋面可采用无组织排水。无组织排水的挑檐尺寸不宜小于 0.6m。

该墙体可以用作女儿墙。为保证女儿墙的受力性能,墙内应设加强格构柱。女儿墙中的加强格构柱宜为顶层加强格构柱和边缘构件的延伸。为了保护墙体,女儿墙的顶部应做现浇钢筋混凝土压顶,压顶表面有坡度,并坡向屋面。

4.1.6 水泥聚苯模壳格构式混凝土墙体上的门、窗框应与墙体可靠连接,应通过连接件使门、窗框与墙体中的格构梁柱或边缘构件可靠连接。

4.1.7 当水泥聚苯模壳格构式混凝土墙体住宅建筑设有地下室时,墙体与地下室钢筋混凝土梁板的结合处应预留插筋。墙体芯孔中的纵向钢筋应与预留插筋相连接,使该墙体与地下室结构连成整体。水泥聚苯模壳格构式混凝土墙体住宅的地下室宜采用现浇钢筋混凝土结构或能满足功能要求的其他类型结构。

4.1.8 水泥聚苯模壳格构式混凝土墙体的燃烧性能和耐火极限在国外做了多次试验。1997 年 9 月 10 日美国欧米加泡因特实验室对 12 英寸厚试件按室内防火试验标准 UBC26-3 做了检测,结论为:试件只发生轻微的烟,在试验中未被点燃。因此,聚苯混凝土墙体属非燃烧体,燃烧性能属 A 级。

1996 年 10 月 8 日美国布劳恩因特太克公司对 10 英寸厚试件按 ASTM E-119 和 UBC43-1 标准的防火级别进行了 300min 即 5h 的耐火试验,成功通过了标准规定的 4h 防火级别的合格指标。1999 年 1 月 20 日美国保险人实验室的报告也证明了该墙体 10 英寸厚试件的耐火极限为 4h。

1996 年底,天津国家固定灭火系统和耐火构件质量监督检验中心对 250mm 厚聚苯混凝土墙体做了耐火试验,只做了 2h 就提出无必要继续试验,其检验报告(NoJ96299)写道:“……经 120min 的耐火试验,未失去完整性和绝缘性”。

4.1.9 1983 年 11 月 3 日奥地利维也纳综合技术研究所、高等技

术学院和研究所对两面抹水泥石灰浆厚 6mm+4mm 的 300 厚墙体测得空气声的计权隔声量为 51dB。1985 年 4 月 6 日维也纳市试验研究所使用 Nortronic 声音测量系统, 标定其隔声量为 53dB。

聚苯混凝土墙体的三种厚度为 250mm、320mm、380mm。三种厚度的墙体, 均由直径为 160mm 的格构梁、格构柱和厚度不同的水泥聚苯模壳组成。混凝土墙的面密度大, 是隔声的主体, 与面密度小的水泥聚苯模壳复合后, 能使墙体的隔声量有较大的提高。所以, 三种厚度的聚苯混凝土墙体、两面抹灰总厚度为 10mm 时, 计权隔声量均能满足住宅分户墙的空气声隔声标准。

4.1.10 水泥聚苯模壳是聚苯混凝土墙体的保温、隔热层。模壳的厚度有 250mm、320mm 和 380mm 三种, 可满足我国不同地区对住宅建筑墙体保温、隔热性能的要求。各模壳的芯孔直径均为 160mm。当有受力需要时, 芯孔直径可加大为 200mm。水泥聚苯也可模压成平板, 厚度有 45mm、80mm 和 110mm 三种, 可作为墙体中现浇钢筋混凝土部分的衬模或楼板的底模等。另外, 厚 110mm 的水泥聚苯平板也可做住宅的非承重内隔墙板。

4.1.11 多层住宅的水泥聚苯混凝土墙体是由水泥聚苯模壳和格构式混凝土构成的组合墙体。如果将墙体的模壳剔除, 就会看出墙体只剩下由竖向格构柱和水平格构梁组成的钢筋混凝土刚性构架, 其上布满了尺寸大小相同、排列有序、近似圆形的孔。孔的间距、竖向和水平芯柱的间距均为 400mm。

水泥聚苯模壳和平板, 均可锯、可钉、可雕琢成各种线脚和花饰。

4.2 建筑节能设计

4.2.1 水泥聚苯模壳格构式混凝土墙体住宅建筑节能设计的依据是我国 1996 年开始实施的行业标准《民用建筑节能设计标准(采暖居住建筑部分)》JGJ 26, 适用于严寒地区新建和扩建的采暖居住建筑。该标准从控制采暖能耗出发, 对建筑物的朝向、体形系

数、窗墙面积比、围护结构的保温性能、门窗气密性,以及采暖系统的运行效率等作出了规定。该标准还要求考虑外墙中的抗震柱、圈梁等热桥部位对传热的影响,用外墙平均传热系数 K_m 值来表示外墙的保温性能,并规定了 K_m 值计算方法和最大允许值。在夏季有隔热要求的部分寒冷地区,还要求根据现行国家标准《民用建筑热工设计规范》GB 50176 的有关规定,对外墙和屋顶的夏季隔热性能进行验算。我国分别于 2001 年和 2003 年开始实施的行业标准《夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准》JGJ 134 和《夏热冬暖地区居住建筑节能设计标准》JGJ 75,分别适用于夏热冬冷和夏热冬暖地区新建和扩建的居住建筑。这两项标准从控制采暖和空调能耗出发,对建筑物的朝向、体形系数、窗墙面积比、围护结构的保温和隔热性能、门窗气密性,以及采暖系统的运行效率等作出了规定,并要求外墙平均传热系数 K_m 值和热惰性指标 D 值,以及屋顶的传热系数 K 值和热惰性指标 D 值达到规定的要求;如果 K_m 值或 K 值能够满足要求,而 D 值不能满足要求,则应根据规范 GB 50176 的有关规定,对外墙和屋顶的夏季隔热进行验算。这是因为有些轻型外墙和屋顶, K_m 或 K 值容易满足要求,但 D 值较小,夏季隔热往往不易满足要求,故需进行验算。在严寒和寒冷地区的采暖居住建筑中,由于存在室内外水蒸气分压力差,如果外墙和屋顶的构造不合理(如外侧或外饰面水蒸气渗透阻过大)或墙体初始含水率过高,则外墙和屋顶内部可能冷凝受潮和冻融损坏,故需进行验算。在同一地区,按节能要求和夏季隔热要求计算确定的保温隔热厚度可能是不同的,在这种情况下,应采用两者中较大值。

北京市于 2004 年 7 月 1 日开始实施节能 65% 的北京市地方标准《居住建筑节能设计标准》DBJ 01-602-2004,进一步提高了围护结构的保温、隔热要求,并规定了建筑节能设计的判定方法。因该项地方标准的节能要求高于现行行业标准,故注明节能设计应按地方标准执行。

4.2.2 本条是关于外墙保温和隔热性能的代表和计算方法。本条明确,外墙的保温性能用包括外墙主体部位和热桥部位在内的外墙平均传热系数 K_m [$W/(m^2 \cdot K)$] 值和外墙主体部位的热惰性指标 D 值来表示。热工计算时,取一计算单元来代表外墙主体部位。外墙主体部位按三层(两侧水泥聚苯层和中间水泥聚苯+钢筋混凝土纵横格构柱、梁复合层)考虑。热桥部位包括内外墙连接处的钢筋混凝土格构柱以及楼板和外墙连接处的钢筋混凝土圈梁。外墙平均传热系数 K_m 值按 JGJ 26—95 附录 C 的规定计算。外墙主体部位的热惰性指标 D 值按 GB 50176—93 附录二(二)的规定计算。外墙的隔热性能:用于房间自然通风情况下,西向外墙的内表面最高温度以 $\theta_{i,max}$ 表示,应满足下式要求: $\theta_{i,max} \leq t_{e,max}$,式中 $\theta_{i,max}$ 应按现行国家标准《民用建筑热工设计规范》GB 50176—93 附录二的规定计算, $t_{e,max}$ 为夏季室外计算温度最高值,应按 GB 50176—93 附录三附表 3.2 采用。计算结果表明,当水泥聚苯模壳格构式混凝土外墙厚度不小于 250mm 时,已能满足夏季隔热要求。

4.2.3 本条给出了外墙防潮设计的依据、构造原则及在严寒地区施工时模壳初始含水率的规定。在寒冷地区,特别是在严寒地区采暖居住建筑中,采用聚苯混凝土外墙,其防潮设计应贯彻水蒸气“进难出易”的原则。如果在外墙外侧采用水蒸气渗透阻大的密实饰面层(如饰面砖等),或在严寒地区施工时模壳初始含水率过高,则外墙内部容易冷凝受潮,饰面层容易冻融损坏,故应采取措施予以避免。

4.2.4 本条给出了不同厚度的、钢筋混凝土格构柱直径为 160mm 的水泥聚苯模壳格构式混凝土外墙的热工性能指标及其应用方法。

外墙热工性能指标包括外墙主体部位的传热系数 K 值、热惰性指标 D 值、外墙平均传热系数 K_m 值。表 4.2.4 中的 K 、 D 和 K_m 值是根据 JGJ 26 和 GB 50176 的有关规定计算而得的。计算

中,水泥聚苯的质量含水率按 7% 考虑,导热系数的计算值取 $\lambda_c = 0.10 \text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$,蓄热系数的计算值取 $S_c = 1.68 \text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 。钢筋混凝土的导热系数和蓄热系数计算值按 GB 50176-93 附录四采用。

在不同地区,居住建筑外墙要求的传热系数和热惰性指标应符合现行行业和地方节能标准的有关规定。在严寒和寒冷地区(含北京市),应取外墙平均传热系数符合规定的限值;在夏热冬冷地区,应取外墙平均传热系数和热惰性指标符合规定的限值;在夏热冬暖地区,应取外墙的传热系数和热惰性指标符合规定的限值。

4.2.5、4.2.6 楼梯间隔墙、底层地面圈梁或地梁部位,以及底层周边地面的保温,应符合现行有关行业标准的规定。

5 结构非抗震设计

5.1 一般规定

5.1.1~5.1.3 水泥聚苯模壳格构式混凝土墙体住宅建筑结构与常规的钢筋混凝土结构的区别主要在于其支承和抗侧力构件为格构式混凝土墙体。墙体中的格构式混凝土是由聚苯模壳拼排后形成的竖向和水平芯孔中内插钢筋并浇筑自密实混凝土而成。在借鉴了钢筋混凝土框架结构和剪力墙结构住宅的设计经验后,确定水泥聚苯模壳格构式混凝土墙体住宅结构的设计使用年限为 50 年,安全等级为二级。

5.1.4~5.1.6 根据中国建筑科学研究院建筑结构研究所进行的墙体试验和三层足尺模型抗震性能试验,以及国外有关的试验研究资料,明确了水泥聚苯模壳格构式混凝土墙体的工作机理和破坏过程。经分析总结后,对应用格构式墙体建筑的混凝土强度等级、结构平面布置、楼屋面结构等均作了基本规定。

格构式混凝土墙体多层住宅建筑结构的设计除应符合本规程的规定外,尚应符合现行国家标准《建筑结构可靠度设计统一标准》GB 50068、《建筑结构荷载规范》GB 50009、《建筑抗震设计规范》GB 50011、《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定。

5.2 截面承载力计算

5.2.1 格构式混凝土墙体应进行正截面承载力、斜截面承载力、局部受压承载力计算,以保证墙体受力合理,安全可靠。

5.2.2 根据中国建筑科学研究院结构所进行的格构式混凝土墙体竖向荷载试验和奥地利格拉斯技术大学材料强度试验研究所进行的“一层楼高纳土塔建筑柱的强度”试验,在竖向荷载作用下,格

格构式混凝土墙体中主要由圆形混凝土格构柱承受竖向压力,水平混凝土格构梁仅起约束竖向格构柱的作用,因此,计算格构式混凝土墙体的正截面受压承载力时,仅针对格构柱进行。试验说明,在竖向荷载作用下,当墙体竖向格构柱的压应力小于 $0.5f_c$ (f_c 为混凝土轴心抗压强度设计值)时,格构柱处于弹性受力状态,因此规定,此时格构式混凝土墙体正截面受压承载力可不进行计算。

格构式混凝土墙体承受的轴力由内部各格构柱均匀分担;墙体内的弯矩可按正截面假定转换成各格构柱内的分布轴力。这两部分轴力叠加后,对各格构柱按正截面轴心受压进行承载力计算。在竖向格构柱正截面受压承载力计算时,单根竖向格构柱的计算长度按墙体平面外楼层高度考虑。长细比的影响和计算方法以及受压承载力计算,应按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010的规定执行。

由于格构柱内配置的单根钢筋无法对混凝土起约束作用,因此,本条规定应按素混凝土构件进行验算。

5.2.3 对格构式混凝土墙体,当格构柱、梁的直径为160mm,间距为400mm时,通过施加竖向力的墙片水平往复荷载试验,结果说明:格构式混凝土墙体中的水平格构梁先出现水平裂缝,随之裂缝数量增加,宽度和长度有所加大,然后竖向格构柱开始出现交叉斜向裂缝。当某一竖向格构柱的受剪承载能力下降后,同一行相邻竖向格构柱分担的剪力加大,出现了竖向格构柱连锁受剪破坏现象。当墙内出现一至两行严重破坏的竖向格构柱后,墙体丧失抗剪承载能力。由格构式混凝土墙体的破坏过程可看出,它与实体混凝土墙的受剪破坏形态不相同。

国外进行的11片格构式混凝土墙片抗剪试验和中国建筑科学研究院建筑结构研究所进行的11片格构式混凝土墙片抗剪试验结果说明,以下各因素对格构式混凝土墙片抗剪承载力有不同的影响:

1 格构式混凝土墙体在受剪状态下,主要是由于某一行或两

行竖向格构柱混凝土开裂形成交叉斜裂缝而产生破坏,即主要由竖向格构柱的混凝土强度控制其受剪承载力。

2 聚苯混凝土墙体水平格构梁内设置的水平钢筋对提高墙片抗剪承载力虽然有比较明显的影响,但由于格构式混凝土墙体的抗剪承载力源于某一行或两行竖向格构柱的混凝土受剪破坏,因此格构梁内水平钢筋对抗剪的具体贡献难以定量确定。故此,格构式混凝土墙体的斜截面受剪承载力,是在水平芯孔内配置至少一根水平钢筋的构造前提下,用混凝土的作用来综合反映的。当斜截面受剪承载力不足时,可通过提高混凝土强度等级,改变格构柱、梁直径等措施来解决。

3 格构式混凝土墙体上的竖向荷载在一定范围内对抗剪承载力有提高作用,但也引起墙体变形能力下降。

4 剪跨比越大,格构式混凝土墙体的抗剪承载力越低。

5 水泥聚苯模壳对墙体耗能和抗剪承载力有一定的提高作用。

根据以上试验结果分析,并参照美国 ICBO 对聚苯混凝土墙体抗剪承载力的推荐公式,确定了格构式混凝土墙体斜截面受剪承载力计算公式(5.2.3)。格构式混凝土墙体斜截面受剪承载力是用混凝土项来综合反映的,已考虑了水平钢筋和竖向轴力的有利作用,考虑了剪跨比的影响和形状系数 ψ (取 0.7)。在公式(5.2.3)中,墙体折算厚度 b 。按 110mm 取值,还近似将 h 。改取 h 。

当格构柱直径为 200mm 时,按美国 ICBO 评估报告 2.3 中第 4 款,墙体折算厚度可取 160mm,但国内目前尚缺乏试验验证资料。

5.2.4 本条提出了格构式混凝土墙体局部受压承载力的计算要求。

5.3 构造措施

5.3.1 经工程实例试算,相同平面尺寸的格构式混凝土墙体住宅

结构的层间抗侧力刚度介于钢筋混凝土框架结构和剪力墙结构之间,但格构式混凝土墙体住宅的保温性能良好,减小了温度作用对结构的影响,在确定其伸缩缝间距时,参照现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 中现浇钢筋混凝土框架结构的伸缩缝间距采用。

5.3.2 本条提出,格构式混凝土墙体格构柱、格构梁最小配筋百分率不应小于 0.2%,且应配置直径不小于 12mm 的带肋钢筋,以保证聚苯混凝土墙体有一定的延性,避免发生脆性破坏。

5.3.3 圈梁是连结内外墙体,与楼板(屋面板)共同传递水平力的必要构件,本条提出了对圈梁尺寸及配筋构造的要求。

5.3.4 为减小平面外弯矩对格构式混凝土墙体的影响,本条建议边跨楼板的边支座宜按简支端设计。为减小简支端楼板上表面的裂缝宽度,对楼板上部构造配筋的数量和钢筋锚固提出了要求。

5.3.5 为保证底层格构柱可靠生根,提出了对基础圈梁截面尺寸和配筋的要求。

5.3.6 为保证聚苯混凝土墙体的承载力和延性,格构式混凝土墙体的两端竖向芯孔内应配置纵向受力钢筋和箍筋以形成构造边缘构件,并规定了纵向受力钢筋的根数、直径,箍筋的直径和间距。对中间格构柱也提出纵向钢筋的配筋要求。

5.3.7 为了简化设计,格构式混凝土墙体门窗洞口上方的梁按过梁处理。为使墙肢之间具有一定程度的整体受力作用,对过梁提出了配筋构造要求。门窗框宜固定在门、窗洞口两侧的竖向钢筋混凝土边缘构件上。

5.3.8、5.3.9 为保证格构式混凝土墙体住宅建筑结构的整体性,房屋的外墙四大角、内横墙与外纵墙及内横墙与山墙的连接处应设置构造边缘构件,并提出了纵向钢筋的配筋和箍筋的设置要求以及水平芯孔内水平钢筋弯折连接的要求。该条还给出了连接构造图供设计参考使用。

5.3.10 格构柱中纵向钢筋与基础圈梁的连接有两种方式:一是

直接锚入,二是与基础圈梁内预留插筋进行搭接。为了保证连接可靠,本条对锚固长度和搭接长度均提出了明确的要求。

5.3.11 为保证构造边缘构件受力的连续性,要求构造边缘构件的纵向钢筋穿过圈梁,以保证上下贯通。

5.3.12 楼梯、电梯间是住宅建筑的重要通道。为保证楼梯梁、板、电梯间与墙体的连接简便可靠,楼梯、电梯间应采用现浇钢筋混凝土结构。此时剪力墙厚度不应小于 160mm。

6 结构抗震设计

6.1 一般规定

6.1.1、6.1.2 格构式混凝土墙体住宅建筑的抗震性能,在我国尚未积累实际经验,这方面宜从严要求。首先应选择对抗震有利的场地,尽量避开易发生滑坡、泥石流的地区和断裂带。其次,要加强这种结构体系的抗震能力,保证结构的整体性,确保小震不坏,大震不倒。

6.1.3 根据以往的震害调查,在结构设计布置时如能做到所规定的这几条,则震害都比较轻,不易发生倒塌性灾害。

6.1.4 本条对格构式混凝土墙体住宅建筑结构的开间和层高作了适当限制,以对该类建筑的抗震性能从宏观角度进行控制。如开间超过规定的限值就需加大混凝土格构柱的直径或提高混凝土的强度等级,并增设更多数量的加强格构柱。

6.1.5 除本规程有特殊规定外,地震作用计算和抗震验算应采用现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 规定的底部剪力法或振型分解反应谱法。格构式混凝土墙体多层住宅建筑结构,目前仅限制在六层及以下,是以剪切变形为主,且质量和刚度沿高度分布比较均匀,因此可采用底部剪力简化方法。现在大部分结构计算分析程序采用的振型分解反应谱法,也适用于这种结构体系。

6.2 截面承载力计算

6.2.1、6.2.2 考虑地震作用组合的格构式混凝土墙体的正截面受压承载力计算根据本规程第 5.2.2 条的规定进行,但应除以承载力抗震调整系数 γ_{RE} 。为简化起见,格构式混凝土墙体的承载力抗震调整系数 γ_{RE} 统一取 0.85。

6.2.3 对考虑地震作用组合的格构式混凝土墙体,其斜截面受剪承载力计算目前研究尚少。对地震作用下格构式混凝土墙体的斜截面受剪承载力公式,参照现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 中实心混凝土剪力墙抗震与非抗震的斜截面受剪承载力的计算公式做了相应的改动。

6.3 抗震构造措施

6.3.1 由于这种结构体系的限制,在外墙转角处和内外墙交接处,约束边缘构件的截面尺寸最大只能做成 $140\text{mm} \times 220\text{mm}$ 。门窗洞口两侧的约束边缘构件不应小于一个完整格构柱的截面面积,截面过小则起不到约束作用。

6.3.2 在多层住宅格构式混凝土墙体的每个纵、横芯孔中至少应放置一根钢筋,且直径不应小于 12mm ,这是为了保证每个墙肢的整体性。

6.3.3 在做完格构式混凝土墙片和三层足尺房屋模形的破坏性试验后,将外皮扒掉观察其破坏形态,发现与普通实心钢筋混凝土剪力墙的破坏形态有很大区别,在某一至二个水平面上,几乎所有仅配一根钢筋的竖向格构柱都被剪坏,但边缘构件均保持完好。这证明了边缘构件中的箍筋对提高抗剪能力的作用是非常明显的。在 7、8 度抗震设防地区,为了防止房屋倒塌,规定连续不超过三个格构柱应设置一个加强格构柱;在 6 度设防地区,连续不超过四个格构柱应设置一个加强格构柱;在内纵、横墙交接处也应设置加强格构柱。本条对加强格构柱中纵向钢筋的直径、数量和箍筋的直径、间距都作了具体的规定。

6.3.4 为保证格构式混凝土墙体结构的整体性,对圈梁的设置位置、截面大小、纵向钢筋的直径、数量和箍筋直径、间距作出了具体的规定。

6.3.6 楼梯、电梯间平时是人们生活的通道,在罕遇地震时,是人们逃生的安全通道,因此应把楼梯、电梯间建成现浇钢筋混凝土结

构,并确保不倒塌。为发挥楼梯、电梯间的抗侧力作用,要求单元门一侧的门窗洞口上方形成连梁,高度不宜小于 1m,连梁的配筋和截面承载力计算按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定执行。

6.3.7 要求进行在罕遇地震作用下的防倒塌验算是保证大震不倒的重要措施。

7 施工及验收

7.1 一般规定

7.1.1 水泥聚苯模壳是由水泥和聚苯颗粒混合模压而成的带双向芯孔的板材,它重量轻,表面平整,强度较低,有良好的现场加工性。为防止模壳损伤,在运输和安装过程中应避免剧烈震动,宜采用专用的夹具吊运,以确保安全(在国外,纳士塔公司已施工三十年,积累了丰富的经验,制造有各种专用夹具)。存放场地要平整、坚实,堆放时不用垫块,高度不宜超过七层。

7.1.2 自密实混凝土是一种新型混凝土,目前国内正在制定标准。其配合比设计、外加剂选用、性能检验和施工操作与普通混凝土均有所区别,使用中应按本规程及相关标准执行。

7.1.3 图 7.1.3 标示了水泥聚苯模壳格构式墙体工程的主要施工顺序。对于个体单位工程,可根据施工图及施工条件做适当调整。

7.2 模壳工程

7.2.1 水泥聚苯模壳由于需对配合比和复合压制成形的生产过程控制较严,要达到产品几何尺寸精度、物理力学性能指标,确保产品质量,应在专业工厂内采用专用设备生产。模壳的产品标准目前应由生产企业负责提供。

7.2.2、7.2.3 条文规定是对模壳安装工艺的提示,以利于提高工效和安装质量。

7.2.4 模壳安装时采用的临时支撑是保证施工过程中墙体稳定和牢固的重要措施,应坚实可靠。

7.2.5 表 7.2.5-1 及表 7.2.5-2 的内容是依据与模壳相似的国

内产品标准和纳士塔公司的产品质量手册对照编制的。

7.3 钢筋工程

7.3.1 钢筋原材料进场时应检查产品合格证、出厂检验报告和取样复验报告,并对外观及力学性能进行检查。如不符合要求或存在性能明显不正常现象,应采取措施处理,否则不得应用于工程。

钢筋加工制作的形状和尺寸,钢筋连接的搭接位置和长度,应符合设计要求和本规程要求,并遵照现行有关标准的规定,质量必须合格。

7.3.2 由于水泥聚苯模壳安装工艺特殊,格构式混凝土墙体中的钢筋不可能一次到位。在模壳芯孔内多筋格构柱钢筋敷设、水平钢筋敷设、单筋格构柱钢筋敷设,均须与模壳安装配合进行。由于水泥聚苯模壳格构式混凝土墙体采用的钢筋直径较小,可采用钢筋搭接的连接方式。因受条件限制,钢筋安装质量检查比一般剪力墙更困难,因此,要求加强钢筋敷设中的过程控制和隐蔽工程检验工作。

7.4 混凝土工程

7.4.1 本条规定了水泥聚苯模壳格构式混凝土墙体工程中混凝土工程应满足一般要求:

1 楼板和圈梁是一般钢筋混凝土结构,没有必要采用免振捣自密实混凝土;

2 自密实混凝土的粗骨料粒径不宜过大,粒径过大会影响混凝土拌合物的流动性和充填性。其拌合物的六项性能指标是相互关联的,其中比较重要、起关键作用的是流动性、充填性、抗离析性和保塑性。坍落度与坍落扩展度是由流动性、充填性、抗离析性和保塑性决定的;反之,如只控制坍落度与坍落扩展度,则不一定能满足流动性、充填性、抗离析性和保塑性的要求;

3 普通混凝土的施工及验收应符合现行国家标准《混凝土结

构工程施工质量验收规范》GB 50204 的规定。

7.4.2 墙体芯孔自密实混凝土与普通混凝土相比有其特殊性。因而,其施工除应满足《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204的要求外,尚应符合下列规定:

1 隐蔽工程的检查和记录对保证工程质量十分重要,必须认真做好,本条规定了检查数量和检测方法;

2 每次浇筑高度不得超过 1.5m,是为了防止混凝土流淌过远而分层离析。一次浇筑的孔不宜太多,是为了防止混凝土因不易排气而在孔中形成空洞;

3 对混凝土浇筑提出了下列要求:

1)规定了混凝土浇筑的次序。一定要在芯孔混凝土全部浇筑完毕后再浇筑圈梁和楼板,以避免芯孔分段施工;

2)先浇筑宽度超过 1.2m 洞口下部墙板中的芯孔,是为了防止超过 1.2m 洞口下部墙板中的芯孔内出现空洞。浇筑后应及时将墙上部的浇筑孔堵上,以防止浇筑上部墙体时混凝土外溢;

4 混凝土浇筑完毕应立即清除粘在墙板模壳上多余的混凝土,以免影响建筑物的外观质量;

5 雨后应检查孔内是否有积水,如有积水应排干净。雨天浇筑混凝土会劣化混凝土拌合物性能和混凝土力学性能。如果必需在雨天浇筑混凝土,则应采取防止混凝土与雨水接触的措施;

6 免振捣自密实混凝土冬季施工与普通混凝土一样,应按现行行业标准《建筑工程冬期施工规程》JGJ 104 执行;

7 免振捣自密实混凝土由于流动性大、缓凝时间长,故对水泥聚苯模壳的侧压力大,过早拆除支撑,可能导致工程事故。

7.4.3 本条规定了免振捣自密实混凝土工程的质量验收,除应满足《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 的规定外,根据自密实混凝土的特性还应满足的主控项目。这些项目很重要,是控制自密实混凝土质量的关键。

1 本款规定了对自密实混凝土拌合物的性能控制要求;在施工中进行混凝土拌合物质量控制时,坍落度和坍落扩展度的控制误差分别为:坍落度 $\pm 20\text{mm}$;坍落扩展度 $\pm 50\text{mm}$ 。

2 本款规定了自密实混凝土施工质量验收人员应经专项技术培训后方能上岗。专项技术培训的主要内容包括:

- 1)自密实混凝土的性能试验方法;
- 2)自密实混凝土的质量标准;
- 3)自密实混凝土的施工质量控制方法。

3 本款规定了在施工前,质量验收人员与混凝土供应商应在实验室中确认所提供的混凝土拌合物性能,并规定了试验项目与评定方法;规定了在施工中每天应进行的试验项目、试验次数和评定方法;规定了在施工过程中,当对混凝土拌合物质量有怀疑时的检验项目和评定方法。

4 本款规定了应检验自密实混凝土的强度等级。

7.5 水泥聚苯模壳格构式混凝土墙体分项工程验收

7.5.1 本条规定了水泥聚苯模壳格构式混凝土墙体几何尺寸的验收要求。模壳的安装质量直接关系到格构柱、梁的承载力,即混凝土墙体的质量,因此要求位置准确,特别是对轴线偏差要严格控制。模壳边缘与相邻构件的连接要求密实可靠,以保证混凝土浇筑的质量。

表 7.5.1 是依据我国现行有关标准确定的,其中对全楼标高、层高垂直度和表面平整度的允许偏差,比国家标准略严。

7.5.2 本条规定了水泥聚苯模壳格构式混凝土墙体分项工程在工程验收后应形成的文件资料。

附录 A 自密实混凝土性能试验方法

A.1 坍落度和坍落扩展度试验

A.1.1 根据自密实混凝土的特点,在做坍落度与坍落扩展度试验时应自密实成型,所以规定了与现行国家标准《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》GB/T 50080 不同的要求。

A.2 流动度试验

A.2.1 规定了流动度试验所用 L 型仪的形状和尺寸,以及制作 L 型仪所用的材料。

A.2.2 规定了流动度试验的步骤。

A.3 充填性试验

A.3.1 规定了充填性试验所用 U 型仪的形状和尺寸,以及制作 U 型仪所用的材料。

A.3.2 规定了充填性试验的步骤。

A.4 抗离析性试验

A.4.1 规定了抗离析性试验的步骤。

A.4.2 规定了抗离析性试验的计算方法。

A.5 保塑性试验

A.5.1 规定了保塑性试验的取样及试验方法。

A.5.2 规定了保塑性试验的评定方法。

A.6 自密实混凝土力学性能试验方法

A.6.1 自密实混凝土的成型方式与普通混凝土不同,不采用振动成型,而采用免振捣自密实成型。试验表明,对自密实混凝土如振动成型,反而使混凝土拌合物离析,会降低混凝土的强度。对自密实混凝土试件制作,也应采用免振捣并自密实成型方式。

A.6.2 本条具体说明了自密实混凝土试件的成型方法。