

重庆市工程建设标准

现浇混凝土空心楼盖结构技术标准

Technical standard for cast-in-situ concrete
hollow floor structure

DBJ50-359-2020

主编单位:中机中联工程有限公司

重庆市建设技术发展中心

批准部门:重庆市住房和城乡建设委员会

施行日期:2020年11月1日

2020 重 庆

重庆工程建设

重庆市住房和城乡建设委员会文件

渝建标〔2020〕26号

重庆市住房和城乡建设委员会 关于发布《现浇混凝土空心楼盖结构技术标准》 的通知

各区县(自治县)住房城乡建委,两江新区、经开区、高新区、万盛经开区、双桥经开区建设局,有关单位:

现批准《现浇混凝土空心楼盖结构技术标准》为我市工程建设地方标准,编号为 DBJ50-359-2020,自 2020 年 11 月 1 日起施行。其中,第 5.3.3 条为强制性条文,通过住房和城乡建设部审查与备案,备案号为 J15217-2020,必须严格执行。

本标准由重庆市住房和城乡建设委员会负责管理,中机中联工程有限公司负责具体技术内容解释。

重庆市住房和城乡建设委员会

2020 年 7 月 29 日

重庆工程建设

前 言

根据《重庆市城乡建设委员会关于下达 2017 年度重庆市工程建设标准制订(修订)项目计划(第一批)》(渝建发〔2017〕451 号文)的要求,由中机中联工程有限公司、重庆市建设技术发展中心、重庆道同建材有限公司、重庆大学、重庆市设计院会同有关的高等学校、科研院所、生产企业等完成了本标准的编制。

本标准是在国家现行标准《现浇混凝土空心楼盖技术规程》JGJ/T268 的基础上,根据《建筑抗震设计规范》GB50011、《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ3 等规范,并结合重庆市地区特点编制本标准。

编制过程中,编制组经过了广泛调查研究,参考吸收了国内外已有的科研成果,总结了我市在设计、材料、施工方面的实践经验,经过反复讨论、修改,形成本标准。

本标准的主要技术内容有:1. 总则;2. 术语和符号;3. 材料;4. 场地与地基;5. 结构设计基本规定;6. 结构分析方法;7. 结构构件计算;8. 构造要求;9. 施工及验收;附录 A~附录 F。

本标准中以黑体字标志的条文第 5.3.3 条为强制性条文,必须强制执行。

本标准由重庆市住房和城乡建设委员会负责管理,由中机中联工程有限公司负责具体技术内容的解释。各单位在执行过程中如有意见或建议,请寄送重庆市《现浇混凝土空心楼盖结构技术标准》编制组。(通讯地址:重庆市九龙坡区石桥铺渝州路 17 号,邮编:400039;电子邮箱:49139873@qq.com)。

本标准主编单位、参编单位、主要起草人和审查专家：

主编单位：中机中联工程有限公司

重庆市建设技术发展中心

参编单位：重庆大学

重庆市设计院

中冶赛迪工程技术股份有限公司

中煤科工集团重庆设计研究院有限公司

重庆道同建材有限公司

重庆河邦建材有限公司

重庆弗洛思节能科技有限公司

重庆机三院施工图审查有限公司

重庆基准方中建筑设计有限公司

天津大成国际工程有限公司

上海联创设计集团股份有限公司重庆分公司

协信城市发展集团重庆区域公司

万科(重庆)企业有限公司

融创中国西南区域集团有限公司

重庆市建设工程质量监督总站

重庆建工第八建设有限公司

重庆建工第九建设有限公司

重庆长厦安基建筑设计有限公司

重庆源道建筑规划设计有限公司

湖南城市学院规划建筑设计研究院

重庆建工住宅建设有限公司

重庆建工第十一建筑工程有限责任公司

主要起草人：杨 越 来武清 汤启明 薛尚铃 李英民

黄欣宇 赵 辉 谢厚礼 戴育健 徐惦耕

周显毅 徐 革 龚国琴 刘光成 陈颖异

向渊明 谢自强 徐 海 邱金明 全学友

魏 巍 姬淑艳 杨 东 赵启林 左启明
高永波 王永合 滕 超 杨联华 曹 劲
张 云 马 飞 商 轲 徐 凯 于理垠
王 蕾 伍任雄 饶风华 周定专 陈国甫
郭长春 喻常雄 高 峰
审 查 人 员: 黄世敏 刘立平 何建波 郑灿营 尧红庆
蒋红庆 陈晓波

重庆工程建设

目次

1	总则	1
2	术语与符号	2
2.1	术语	2
2.2	符号	4
3	材料	7
3.1	混凝土及普通钢筋	7
3.2	预应力筋及锚固系统	7
3.3	填充体	7
4	场地与地基	11
4.1	一般规定	11
4.2	场地	11
4.3	地基	12
5	结构设计基本规定	13
5.1	一般规定	13
5.2	房屋适用高度	14
5.3	房屋抗震等级	15
5.4	结构布置原则	17
5.5	空心楼盖结构布置要求	17
6	结构分析方法	19
6.1	一般规定	19
6.2	拟板法	20
6.3	拟梁法	22
6.4	经验系数法	23
6.5	等代框架法	28
7	结构构件计算	32

7.1	一般规定	32
7.2	设计计算原则	32
7.3	承载力极限状态计算	33
7.4	正常使用极限状态验算	35
7.5	节点计算	36
8	构造要求	42
8.1	一般规定	42
8.2	柔性支承楼盖	46
8.3	节点构造	49
9	施工及验收	51
9.1	施工	51
9.2	材料进场验收	53
9.3	工程施工质量验收	54
附录 A	填充体检验方法	56
附录 B	空心楼板自重、折实厚度、体积空心率计算	59
附录 C	正交各向异性板的等效各向同性板法	60
附录 D	空心楼盖截面特性	62
附录 E	施工流程	64
附录 F	填充体质量验收记录表	65
	本标准用词说明	69
	引用标准名录	70
	条文说明	71

Contents

1	General provisions	1
2	Terms and symbols	2
2.1	Terms	2
2.2	Symbols	4
3	Materials	7
3.1	Concrete and ordinary reinforcement	7
3.2	Prestressing tendon and prestressed anchoring system	7
3.3	Filler	7
4	Site and ground	11
4.1	General requirements	11
4.2	Site	11
4.3	Ground	12
5	Fundamental principle	13
5.1	General requirements	13
5.2	Maximum applicable height	14
5.3	Seismic design grade of structural members	15
5.4	Structural arrangement principle	17
5.5	Hollow floor structure arrangement requirements	17
6	Methods of structural analysis	19
6.1	General requirements	19
6.2	Analogue slab method	20
6.3	Analogue cross beam method	22
6.4	Empirical coefficient method	23

6.5	Equivalent frame method	28
7	Calculation of structure members	32
7.1	General requirements	32
7.2	Principles of structure calculation and design	32
7.3	Ultimate limit states	33
7.4	Serviceability limit states	35
7.5	Joint calculation	36
8	Detailing requirements	42
8.1	General requirements	42
8.2	Flexible edge supported floor structures	46
8.3	Joint construction	49
9	Construction and acceptance	51
9.1	Construction	51
9.2	Material approach acceptance	53
9.3	Construction quality acceptance	54
Appendix A	Check method of filler	56
Appendix B	Calculation of weight, converted thickness and volumetric void ratio of hollow slab	59
Appendix C	Equivalent isotropic plate method of orthotropic plate	60
Appendix D	Sectional properties of hollow floor	62
Appendix E	Construction technological process	64
Appendix F	Filler quality acceptance forms	65
	Explanation of wording in this specification	69
	List of quoted standards	70
	Explanation of Provisions	71

1 总 则

1.0.1 为使空心楼盖结构设计、施工及验收中做到技术先进、安全适用、经济合理、确保质量,制定本标准。

1.0.2 本标准适用于重庆市一般工业与民用建筑物及构筑物的现浇钢筋混凝土及预应力混凝土空心楼盖结构的设计、施工及验收。

1.0.3 空心楼盖结构的设计、施工及验收除符合本标准外,尚应符合国家及重庆市现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 现浇混凝土空心楼板 cast-in-situ concrete hollow slab
采用内置填充体,经现场浇筑混凝土形成的空腔楼板。

2.1.2 现浇混凝土空心楼盖 cast-in-situ concrete hollow floor
由现浇混凝土空心楼板和支承梁等水平构件形成的楼盖。

2.1.3 现浇混凝土空心楼盖结构 cast-in-situ concrete Hollow floor structure

由现浇混凝土空心楼盖和竖向构件组成的结构体系,如框架结构、剪力墙结构、框架-剪力墙结构、部分框支剪力墙结构、框架-筒体结构、筒中筒结构等。

2.1.4 刚性支承楼盖 rigid edge supported floor structure
由墙或抗弯刚度较大的梁作为楼板竖向支承的楼盖。

2.1.5 柔性支承楼盖 flexible edge supported floor structure
由抗弯刚度较小的梁作为楼板竖向支承的楼盖。

2.1.6 填充体 filler

埋置于现浇混凝土楼板中,置换部分混凝土以达到减轻结构自重的物体。按形状和成型方式可分为:管状成型的填充管、棒状成型的填充棒、箱状成型的填充箱等。

2.1.7 内置填充体 embedded filler

埋置于现浇混凝土楼板中,表面均不外露的填充体。

2.1.8 一次性填充体 disposable filler

埋置于现浇混凝土楼板中,不可取出的填充体。

2.1.9 可重复使用填充体 reusable filler

埋置于现浇混凝土楼板中,在楼板混凝土初凝后可以将主材

取出重复使用的填充体。

2.1.10 体积空心率 volumetric void ratio

现浇混凝土楼板区格内填充体的体积与楼板体积的比值。填充体的体积包括了填充体材料的体积和内部空腔的体积。

2.1.11 表观密度 apparent density

自然状态下填充体的质量与体积的比值。

2.1.12 肋 rib

同一柱网内相邻填充体侧面之间、端面之间形成的混凝土区域。

2.1.13 肋间距 rib spacing

相邻两肋中心线之间的距离。

2.1.14 翼缘厚度 flange depth

填充体上、下表面分别至现浇混凝土空心楼板顶面、底面的距离。

2.1.15 拟板法 analogue slab method

将现浇混凝土空心楼板等效为实心板进行内力和变形分析的计算方法。

2.1.16 拟梁法 analogue cross beam method

将现浇混凝土空心楼板等效为双向交叉梁系进行内力和变形分析的计算方法。

2.1.17 经验系数法 empirical coefficient method

用弯矩分配系数计算现浇混凝土空心楼盖各板带控制截面弯矩的计算方法。

2.1.18 等代框架法 equivalent frame method

在两个方向将柔性支承楼盖等效成以柱轴线为中心的连接框架分别进行内力分析的计算方法。

2.2 符 号

2.2.1 材料性能

- E_c 混凝土弹性模量；
 E_b 梁混凝土弹性模量；
 E_{α} 板混凝土弹性模量；
 E_{π} 柱混凝土弹性模量；
 E_x 正交各向异性板 x 向弹性模量；
 E_y 正交各向异性板 y 向弹性模量；
 G_{xy} 正交各向异性板的剪变模量；
 g_{fil} 填充体表观密度；
 ν_c 混凝土泊松比；
 ν_x 正交各向异性板 x 向泊松比；
 ν_y 正交各向异性板 y 向泊松比；
 f_c 混凝土轴心抗拉强度设计值。

2.2.2 作用、作用效应

- G_{fil} 楼板区格内填充体重量；
 M_0 计算板带在计算方向一跨内的总弯矩设计值；
 M_{x1}, M_{y1}, M_{x1b1} 等效各向同性板 x 向弯矩、 y 向弯矩以及
扭矩；
 M_x, M_y, M_{xy} 正交各向异性板 x 向弯矩、 y 向弯矩以及
扭矩；
 V_p 计算单元宽度内由预应力所提高的受剪承载力设计
值；
 V 计算宽度范围内剪力设计值；
 q 板面竖向均布荷载设计值。

2.2.3 几何参数

- A_a, A_p 圆形截面填充体空心楼板纵向、横向截面积；

A_s 非预应力筋面积；

b 计算单元宽度；计算板带宽度；等代框架梁计算宽度；

b_0 拟梁对应的空心楼板宽度；

b_b 梁截面宽度；拟梁宽度；

b_c 柱截面宽度；

b_w 计算截面肋宽；

c_2 等代框架法中垂直于板跨度 l_1 方向的柱(柱帽)宽；

D 圆形截面填充体直径；

h 空心楼板厚度；

h_0 空心楼板截面有效高度；

h_c 柱截面高度；

h_{ca} 柱帽高度；

h_b 梁截面高度；

h_{wn} 空心楼板折实厚度；

I_1 等代框架中梁板在柱(柱帽)边缘处的截面惯性矩；

I 计算单元截面惯性矩；

I_0 计算单位等宽度实心楼板截面惯性矩；

I_a, I_p 圆形截面填充体空心楼板纵向、横向截面惯性矩；

I_b 等代框架梁宽度的楼板截面惯性矩；

I_{s0} 等代框架梁宽度范围内除 I_b 所取梁截面外楼板截面惯性矩；

I_{bf} 等代框架梁截面惯性矩；

I_c 柱在计算方向的截面惯性矩；

I_e 等代框架法中等效柱的截面惯性矩；

K_c 等代框架法中柱的抗弯线刚度；

K_{ce} 等代框架法中等效柱的抗弯线刚度；

K_c 等代框架法中柱两侧抗扭构件的抗扭刚度；

l_1 经验系数法及等代框架中板计算方向跨度；

l_2 经验系数法及等代框架中板垂直于计算方向的跨度；

l_x 正交各向异性板 x 向计算跨度；刚性支承双向板长跨跨度；

l_y 正交各向异性板 y 向计算跨度；刚性支承双向板短跨跨度；

l_{x1}, l_{y1} 等效各向同性板 x 向和 y 向跨度；

l_n 计算方向板的净跨。

2.2.4 计算系数及其他

C 经验系数法计算中的截面抗扭常数；

k 正交各向异性板 y 向与 x 向的弹性模量比；填充管(棒)空心楼板横向与纵向惯性矩比；

α_1 经验系数法计算中计算方向梁与板截面抗弯刚度的比值；

α_2 经验系数法计算中垂直于计算方向梁与板截面抗弯刚度的比值；

α_{E_f} 填充体弹性模量与混凝土弹性模量比值；

β 填充管(棒)空心楼板横向受剪承载力调整系数；

β_0 等代框架计算中抗扭刚度增大系数；

ψ 考虑柱帽的影响系数；

β_c 经验系数法中的抗扭刚度系数；

ρ_{void} 体积空心率；

λ_{ch} 柱帽高度与柱计算长度之比；

μ_m 临界截面的周长；

η_j 梁对节点的约束影响系数。

3 材 料

3.1 混凝土及普通钢筋

3.1.1 用于空心楼盖的混凝土强度等级,钢筋混凝土楼盖不宜低于 C25;预应力混凝土楼盖不宜低于 C40,且不应低于 C30。

3.1.2 空心楼盖的普通受力钢筋宜采用 HRB400、HRB500、HRBF400 和 HRBF500 钢筋。

3.2 预应力筋及锚固系统

3.2.1 空心楼盖的预应力筋宜优先选用高强低松弛钢绞线,必要时也可选用钢丝束等性能可靠的预应力筋,其性能应符合国家现行标准《预应力混凝土用钢绞线》GB/T 5224 和《预应力混凝土用钢丝》GB/T 5223 等有关规定。

3.2.2 预应力可采用有粘结、无粘结、缓粘结等技术体系,其性能应符合国家现行标准《混凝土结构设计规范》GB 50010、《无粘结预应力混凝土结构技术规程》JGJ 92、《缓粘结预应力钢绞线》JG/T 369 和《缓粘结预应力混凝土结构技术规程》JGJ387 的有关规定。

3.2.3 预应力锚固系统应符合国家现行标准《预应力筋用锚具、夹具和连接器》GB/T 14370 的有关规定。

3.3 填充体

3.3.1 工程应选用轻质、强度高、低破损率的填充体,填充体应优先选用节能环保的材料。

3.3.2 用于空心楼盖的填充体及其原材料除满足国家现行标准《混凝土结构用成孔芯模》JG/T 352 相关规定外,尚应符合下列规定:

1 填充体应具有可靠的密闭性,不应采用易渗漏水泥浆的制品;

2 用于现浇混凝土空心楼盖内的一次性填充体材料,其氯化物和碱的总含量应符合国家现行标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 中对混凝土材料的要求;放射性核素的限量应符合国家现行标准《建筑材料放射性核素限量》GB 6566 的要求;正常使用环境下不应产生有损人身健康及环境的有害成分,火灾时防火等级要求时间内不得产生析出楼板的有毒气体。

3.3.3 填充管、棒的规格尺寸应根据具体工程需要确定,外径(外边)可取 100mm~500mm,长度可取 500mm~1800mm。填充管、棒尺寸允许偏差应符合表 3.3.8 的规定。填充管、棒的外观质量应符合下列规定:

1 表面应平整,无明显贯通性裂缝、孔洞、飞边毛刺。应具有可靠的密封性,不允许有镂空网眼和破损穿孔;

2 填充管管端应封堵密实、牢固;

3 填充管、棒有外裹封闭层时,封裹层应耐冲击和抗振捣,表面应整齐、密实、粘附应牢固,无裂缝和破损;

4 当填充管、棒采用两根或多根组合时,相互之间应连接牢固可靠,防止脱落、错位和滑移。

表 3.3.3 填充管、填充棒尺寸允许偏差

项 目		允许偏差(mm)
长度(mm)	$L \leq 500$	+8
	$L > 500$	+10
断面尺寸(mm)	$D \leq 300$	+5
	$D > 300$	+8
轴向表面平直度(mm)	$L \leq 500$	5
	$L > 500$	8

注:检验方法应符合本标准附录 A 的规定。

3.3.4 填充箱的规格尺寸应根据具体工程需要确定,其边长可取 200mm~1500mm,尺寸允许偏差应符合表 3.3.4 的规定,检验方法应按本标准附录 A 的规定执行。当填充箱的底面短边尺寸大于 500mm 时,宜在箱体中部设置竖向通孔。填充箱的外观质量应符合下列规定:

- 1 表面应平整,无明显贯通性裂纹、孔洞;
- 2 表面应具有可靠的密封性,不得有镂空网眼和破损穿孔,且不得有非功能性孔洞和影响楼盖混凝土成型的其他缺陷;
- 3 当填充箱有外裹封闭层时,封裹层应耐穿刺和抗振捣,表面应整齐、密实、粘附应牢固、无裂纹和破损;
- 4 当填充箱采用两片或多片组合时,相互之间应连接牢固可靠,防止脱落、错位和滑移。

表 3.3.4 填充箱尺寸允许偏差

项 目	允许偏差(mm)
边长	+5,-8
高度	+5,-8
表面平整度	5
两对角线长度差	10

注:检验方法应符合本标准附录 A 的规定。

3.3.5 填充体的物理、化学及力学性能应符合表 3.3.5 的规定。

表 3.3.5 填充体的物理、化学及力学性能要求

项 目	技 术 指 标
燃烧性能	不低于 B1 级
氯化物含量	$\leq 0.2\%$
碱含量	$\leq 3\text{Kg/m}^3$
放射性核素的限量	$\text{IRa} \leq 1.0, \text{Ir} \leq 1.3$
表观密度(kg/m^3)	15.0~500.0
48 小时浸泡后局部抗压荷载(kN)	≥ 1.0
自然吸水率(%)	≤ 5
(充气芯模)气压(kPa)	≥ 35

续表 3.3.5

项 目	技 术 指 标
抗振动冲击	Φ30 振动棒紧贴内置表面振动 1 分钟， 不出现贯通性裂缝及破损

注：1. 检验方法应符合本标准附录 A 的规定；

2. 当填充体为充气芯模时，检测内容为气压和抗振动冲击；

3. 采用自然吸水率大于 5% 的填充体，应对填充体采取可靠技术措施，现场混凝土浇筑前处理后填充体自然吸水率不大于 5%。

3.3.6 为有利于混凝土流入填充体底部空腔，填充体下部沿长边（边长大于 300mm 的填充体四边）应倒角。

4 场地与地基

4.1 一般规定

4.1.1 建筑场地的选择与治理应符合国家及重庆现行有关标准的规定。

4.1.2 应选择建筑场地抗震有利地段及一般地段,避开不利地段,不应选择危险地段。当无法避开不利地段时应采取有效的措施。

4.1.3 对建筑物有潜在威胁或直接危害的滑坡、危岩崩塌以及岩溶、土洞强烈发育地段、采空区可能引起塌陷等不良地质地段,未经处理不应选作建设场地。

4.1.4 地基承载力及变形验算应符合国家及重庆现行有关标准的规定。对位于边坡上的基础,其相应验算应符合重庆现行有关标准的规定。

4.1.5 当需要在条状突出的山嘴、高耸孤立的山丘、非岩石和强风化岩石的陡坡、河岸和边坡边缘等不利地段建造丙类及丙类以上建筑时,除保证其在地震作用下的稳定性外,尚应估计不利地段对设计地震动参数可能产生的放大作用,其水平地震影响系数最大值应乘以增大系数。

4.2 场地

4.2.1 场地类别的划分除按国家现行标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的原则执行外,尚应符合下列要求:

1 地震效应评价

1) 按建(构)筑物结构单体作为抗震评价单元;

- 2) 当存在地下室,主体建筑未与地下室脱开时,应将主体建筑与地下室作为一个抗震评价单元;
- 3) 当建筑物存在地下室时,地勘报告应按基坑边坡与主体建筑脱开和不脱开两种情况分别进行地震效应评价。

2 覆盖层厚度确定

- 1) 地勘报告应按拟建项目场平后确定覆盖层厚度;
- 2) 覆盖层厚度计算时,地面标高以设计地坪标高作为起算标高。

4.2.2 坡地建筑应根据边坡岩土构成、边坡高度、建筑与边坡关系等因素验算场地稳定性,不满足稳定性要求时应采取有效加固措施。

4.3 地 基

4.3.1 同一结构单元的基础不宜设置在性质截然不同的地基上。一般情况下,同一结构单元不宜部分采用天然地基基础、部分采用桩基;以中风化岩石作持力层时,可部分采用天然地基基础、部分采用桩基础。

4.3.2 当采用压实填土地基时,填土应考虑其稳定性、均匀性、密实性,并应加强基础及上部结构的刚度。

4.3.3 地基主要持力层深度内存在软弱下卧层时,应进行下卧层承载力验算。

4.3.4 岩石地基应考虑岩层产状、岩层特性的变化对地基承载力和变形的影响。

5 结构设计基本规定

5.1 一般规定

5.1.1 空心楼盖可用于框架结构、剪力墙结构、框架-剪力墙结构、部分框支抗震墙结构和筒体等结构体系。

5.1.2 采用刚性支承现浇混凝土空心楼盖结构的多、高层建筑房屋，应符合下列规定：

1 空心楼盖框架结构、剪力墙结构、框架-剪力墙结构、部分框支抗震墙结构和筒体结构的结构布置、抗震措施及承载力验算等各项要求应满足国家现行标准《建筑抗震设计规范》GB 50011、《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3 中框架结构、剪力墙结构、框架-剪力墙结构、部分框支抗震墙结构和筒体结构的各项要求；

2 框架梁中线宜与柱中线重合，且应双向布置；

3 框架梁及其梁柱节点的承载力验算、抗震措施应满足国家现行标准《建筑抗震设计规范》GB 50011、《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3、《预应力混凝土结构抗震设计规程》JGJ 140 中框架梁的各项要求；

4 按国家现行标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 及《混凝土结构设计规范》GB 50010 验算柱端抗弯承载力时，梁端弯矩可按楼板翼缘有效作用的范围采用。

5.1.3 采用柔性支承现浇混凝土空心楼盖结构的多、高层建筑房屋，尚应符合下列规定：

1 框架结构中的框架柱轴压比限值应在国家现行标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的相关规定基础上降低 0.05。

2 框架梁厚跨比 $1/18 \sim 1/25$ 的柔性支承空心楼盖结构，其框架柔性梁高度及楼盖厚度不宜小于 300mm。

3 柔性支承楼盖结构,扭转位移比不宜大于 1.40,且不应大于 1.50。

5.1.4 结构计算振型数应满足振型参与质量之和不小于总质量的 90%,掉层结构不小于 95%。

5.1.5 吊脚结构首层楼盖和掉层结构上接地端及以下各层、相邻上一层不应采用空心楼盖。

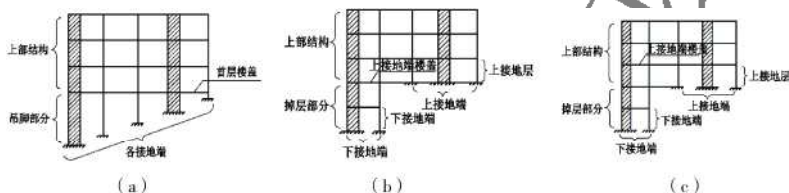


图 5.1.5 吊脚、掉层示意图

5.1.6 房屋建筑的隔墙、填充墙等非结构构件在构造上应与主体结构可靠连接,并应满足承载力、稳定性及结构变形要求。

5.2 房屋适用高度

5.2.1 采用刚性支承现浇混凝土空心楼盖的多、高层建筑,其最大适用高度按国家现行标准《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3 和《建筑抗震设计规范》GB 50011 的规定取值。

5.2.2 采用柔性支承现浇混凝土空心楼盖的框架结构、剪力墙结构、框架-剪力墙结构、部分框支抗震墙结构、筒体结构重点设防类和标准设防类的房屋建筑,最大适用高度应符合表 5.2.2 的规定。

表 5.2.2 多、高层建筑房屋最大适用高度(m)

结构类型	厚跨比	烈度	
		6	7
框架	1/18	50	40
	1/22	40	30
	1/25	24	20

续表 5.2.2

结构类型		厚跨比	烈度	
			6	7
框架-剪力墙		1/18	120	110
		1/22	110	100
		1/25	100	90
剪力墙	全部落地 剪力墙	1/18	130	110
		1/22	120	100
		1/25	110	90
	部分框支 剪力墙	1/18	110	90
		1/22	100	80
		1/25	90	70
筒体	框架-核心筒	1/18	140	120
		1/22	130	110
		1/25	120	100
	筒中筒	1/18	180	150
		1/22	180	150
		1/25	180	150

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

2. 表中厚跨比是指框架柔性梁高度与跨度之比。当同一楼层和不同楼层框架柔性梁厚跨比不同采用时,取表中下限值;

3. 表中框架,不含异形柱框架结构;

5.2.3 当房屋高度超过表 5.2.2 适用高度的房屋,应进行专门研究和论证。

5.3 房屋抗震等级

5.3.1 采用现浇混凝土空心楼盖结构,应根据房屋建筑设防类别、地震烈度、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要求。

5.3.2 采用刚性支承现浇混凝土空心楼盖的多、高层建筑的抗

震等级按国家现行标准《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3 和《建筑抗震设计规范》GB 50011 的规定执行。

5.3.3 采用柔性支承楼盖的空心楼盖框架结构、剪力墙结构、框架-剪力墙结构、部分框支剪力墙结构、框架-筒体结构、筒中筒结构标准设防类的房屋建筑,其抗震等级应按表 5.3.3 确定。

表 5.3.3 混凝土空心楼盖结构的抗震等级

结构类型		设防烈度					
		6		7			
框架结构	高度(m)	≤21	>21	≤21	>21		
	框架	四	三	三	二		
	大跨度框架	三		二			
框架-剪力墙结构	高度(m)	≤50	>50	≤24	24~50	>50	
	框架	四	三	四	三	二	
	剪力墙	三		二			
剪力墙结构	高度(m)	≤70	>70	≤24	24~70	>70	
	剪力墙	四	三	四	三	二	
部分框支剪力墙结构	高度(m)	≤70	>70	≤24	24~70	>70	
	剪力墙	一般部位	四	三	四	三	二
		加强部位	三	二	三	二	一
	框支层框架		二		二		一
筒体结构	框架-核心筒	框架		二			
	核心筒		二				
	外筒		三				
	内筒		三				

- 注:1.建筑场地为Ⅰ类时,除6度设防烈度外,应允许按本地区设防烈度降低一度所对应的抗震等级采取抗震构造措施,但相应的计算要求不应降低;
- 2.接近或等于高度分界时,宜结合房屋不规则程度及场地、地基条件确定抗震等级;
- 3.重点设防类建筑应按本地区抗震设防烈度提高一度的要求采取抗震措施;
- 4.高度不超过60m的框架-核心筒结构按框架-剪力墙的要求设计时,应按表中框架-剪力墙结构的规定确定其抗震等级;
- 5.大跨度框架指跨度不小于18m的框架。

5.3.4 采用柔性支承空心楼盖的框架-剪力墙结构抗震等级应符合国家现行标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 水平力作用下结构底层框架部分承受的地震倾覆力矩与结构总地震倾覆力矩的比值的規定,同时尚应符合国家现行标准《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3 的相關規定。

5.4 结构布置原则

5.4.1 同一结构单元内,结构平面形状宜简单、规则。应减少扭转带来的不利影响。竖向布置应规则、均匀,避免有过大的外挑或内收。

5.4.2 不应采用严重不规则的结构体系,应避免因部分结构或构件的破坏导致整个结构丧失承受重力荷载、风荷载和地震作用的能力。

5.4.3 空心楼盖结构的竖向和水平布置宜使结构具有合理的刚度和承载力,对可能出现的薄弱部位,应采取有效的加强措施。

5.4.4 采用柔性支承楼盖结构时,应符合下列規定:

- 1 应在柱间设置框架梁(含框架实心暗梁、框架宽扁梁或框架梁);
- 2 不应采用单跨框架结构;
- 3 周边和楼梯、电梯洞口周边宜设置刚性梁;
- 4 房屋的周边应采用框架明梁。

5.4.5 部分框支剪力墙结构剪力墙底部加强区范围内的楼层应采用刚性支承楼盖。

5.4.6 防震缝设置应符合国家现行标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 相關規定。

5.5 空心楼盖结构布置要求

5.5.1 现浇混凝土空心楼盖的结构布置应受力明确、传力合理。

5.5.2 当空心楼板平面比较狭长、有较大的凹入或开洞时,应充分考虑其对结构产生的不利影响。

5.5.3 现浇混凝土空心楼板为单向板时,填充体长向应沿板受力方向布置。

5.5.4 现浇混凝土空心楼板为双向板时,填充体宜为平面对称形状,并宜按双向对称布置;当为填充管、填充棒等平面不对称形状时,其长向宜沿受力较大的方向布置。

5.5.5 直接承受较大集中静力荷载的楼板区域,不宜布置填充体;直接承受较大集中动力荷载的楼板区域,不应采用空心楼板。

5.5.6 现浇空心板与现浇实心板可单一或混合布置在同一楼面、屋面结构中。

5.5.7 空心楼盖用作人防工程时,结构布置应满足相关规定。

6 结构分析方法

6.1 一般规定

6.1.1 采用空心楼盖结构的多、高层建筑,在地震作用或风荷载作用组合下的内力和位移计算、水平位移限值、舒适度要求、结构整体稳定验算,以及结构抗震性能化设计、抗连续倒塌设计等,除本标准规定外应符合国家现行标准《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、《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3等相关规定。当空心楼盖用于人防工程时,尚应符合国家现行标准《人民防空地下室设计规范》GB 50038等相关规定。

6.1.2 空心楼盖应采用满足力学平衡条件和变形协调条件的计算方法进行结构分析。结构分析宜采用弹性分析方法;在有可靠依据时可考虑内力重分布,当进行内力重分布时应考虑正常使用要求。

6.1.3 当楼盖平面布置不规则、填充体布置间距不等、作用有较大局部集中荷载、局部较大开洞等特殊情况下,宜进行相应补充分析。

6.1.4 空心楼盖的自重应考虑空心的影响。整体分析时,也可通过折实厚度考虑板自重,折实厚度可按本标准附录 B 计算。

6.1.5 刚性支承的空心楼盖可采用拟板法或拟梁法进行分析。

6.1.6 柔性支承空心楼盖在竖向均布荷载作用下的内力分析宜采用经验系数法,当不符合经验系数法的规定时,可采用等代框架法进行分析。

6.1.7 当计算竖向荷载作用下柔性支承空心楼盖板截面的弯矩时,可根据板水平约束和厚跨比的大小考虑穹顶作用。当采用有

限元法进行分析时,可考虑柱、柱帽、墙等支撑截面效应的有利影响。

6.1.8 采用或部分采用空心楼盖的多、高层建筑,在竖向荷载与水平荷载作用下的内力及位移计算,宜采用有限元空间模型的计算方法;当符合等代框架法的简化条件时,也可采用等代框架法进行计算。

6.1.9 对结构分析软件的计算结果,应进行分析判断,确认其合理、有效后方可作为工程设计的依据。

6.2 拟板法

6.2.1 现浇混凝土空心楼板按拟板法计算时,应符合下列规定:

- 1 现浇混凝土空心楼板肋间距宜小于 2 倍板厚;
- 2 现浇混凝土空心楼板双向刚度相同或相差较小时,可作为各向同性板计算,否则宜按正交各向异性板计算。

6.2.2 刚性支承现浇混凝土空心楼板应按下列原则计算:

- 1 两对边刚性支承的现浇混凝土空心楼板可按单向板计算;
- 2 四边刚性支承现浇混凝土空心楼板应按下列规定计算:
 - 1) 长边与短边长度之比不大于 2 时,应按双向板计算;
 - 2) 长边与短边长度之比大于 2,但小于 3 时,宜按双向板计算;
 - 3) 长边与短边长度之比不小于 3 时,宜按沿短边方向受力的单向板计算,并应沿长边方向布置构造钢筋。

6.2.3 现浇混凝土空心楼板可按下列规定等效为等厚度的实心板计算:

1 当现浇混凝土空心楼板作为各向同性板计算时,各向同性板弹性模量 E 可按下式计算:

$$E = \frac{I}{I_0} E_c \quad (6.2.3-1)$$

式中： I 计算单元截面惯性矩 (mm^4)，可按本标准附录 D 规定采用；

I_0 计算单元等宽度实心板截面惯性矩 (mm^4)；

E_c 混凝土弹性模量 (N/mm^2)

2 当现浇混凝土空心楼板作为正交各向异性板计算时，正交各向异性板的弹性模量、泊松比、剪变模量可按下列规定确定：

1) x 向和 y 向弹性模量可分别按下列公式计算：

$$E_x = \frac{I_x}{I_{0x}} E_c \quad (6.2.3-2)$$

$$E_y = \frac{I_y}{I_{0y}} E_c \quad (6.2.3-3)$$

2) x 向和 y 向泊松比可分别按下列公式计算：

$$\max(\nu_x, \nu_y) = \nu_c \quad (6.2.3-4)$$

$$E_x \nu_y = E_y \nu_x \quad (6.2.3-5)$$

3) 剪变模量可按下列公式计算：

$$G_{xy} = \frac{\sqrt{E_x E_y}}{2(1 + \sqrt{\nu_x \nu_y})} \quad (6.2.3-6)$$

式中： I_x, I_y x 向、 y 向计算单元截面惯性矩 (mm^4)，可按本标准附录 D 规定计算；

I_{0x}, I_{0y} 与 I_x, I_y 对应计算单元等宽度实心板截面惯性矩 (mm^4)；

E_x, ν_x 现浇混凝土空心楼板等效为正交各向异性板的 x 向弹性模量 (N/mm^2) 和泊松比；

E_y, ν_y 现浇混凝土空心楼板等效为正交各向异性板的 y 向弹性模量 (N/mm^2) 和泊松比；

G_{xy} 现浇混凝土空心楼板等效为正交各向异性板的剪变模量 (N/mm^2)；

ν_c 混凝土泊松比，取 0.2。

6.2.4 空心楼板等效为正交各向异性板后，可用有限元法进行

内力和变形计算；也可按本标准附录 C 提供的等效各向同性板法计算。

6.2.5 刚性支承现浇混凝土空心楼板按拟板法求得的双向板弹性弯矩值，可按下列规定取弯矩控制值：

1 正弯矩：每个方向分别划分为板边区域和跨中区域三个配筋范围(图 6.2.5)，均按 $1/4$ 板短跨尺寸分界；板边区域的弯矩控制值可取相应方向最大正弯矩值的 $1/2$ ，跨中区域的弯矩控制值可取相应方向最大正弯矩值；

2 负弯矩：均可取相应方向负弯矩的最大值。

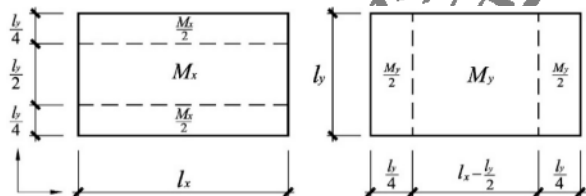


图 6.2.5 双向板弹性正弯矩取值示意

注： M_x 、 M_y l_x 、 l_y 跨度方向计算最大正弯矩(N·m/m)，其中 $l_x \geq l_y$ 。

6.3 拟梁法

6.3.1 现浇混凝土空心楼板按拟梁法计算时，应符合下列规定：

- 1 所取拟梁宜在相邻区格边间连续；
- 2 每个区格板内拟梁的数量在各方向上均不宜少于 5 根(图 6.3.1)；

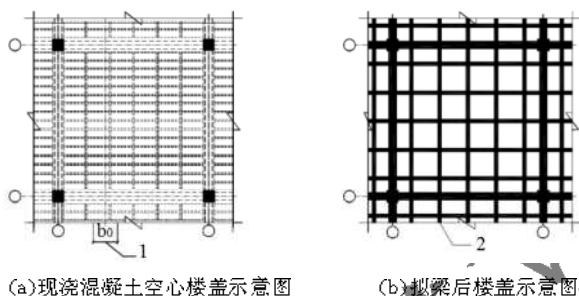


图 6.3.1 拟梁法示意图

- 1 拟梁对应的空心板宽度；
- 2 拟梁尺寸为 $b_b \times h$
- 3 计算中宜考虑空心楼盖板扭转刚度的影响。

6.3.2 拟梁的截面可按抗弯刚度相等、截面高度相等的原则确定，拟梁的宽度可按下式计算：

$$b_b = \frac{I}{I_0} b_0 \quad (6.3.2)$$

式中： b_0 拟梁对应的空心楼板宽度(mm)；

b_b 拟梁宽度(mm)；

I 拟梁对应空心楼板宽 b_0 范围内截面惯性矩之和 (mm⁴)，可按本标准附录 D 规定计算；

I_0 拟梁对应空心楼板宽 b_0 范围内按等厚实心板计算的截面惯性矩(mm⁴)。

6.3.3 在用拟梁法计算现浇混凝土空心楼板的自重时应扣除两个方向拟梁交叉重叠而增加的梁量。

6.4 经验系数法

6.4.1 柔性支承现浇混凝土空心楼盖在竖向均布荷载作用下，当采用经验系数法进行计算时，应符合下列规定：

- 1 楼盖为矩形区格，任一区格的长边与短边之比不应大于 2；
- 2 楼盖结构的每个方向至少应有三个连续跨；

- 3 同一方向相邻跨的跨度差不应超过较长跨的 1/3；
- 4 任一方向柱离相邻柱中心线的偏移距离不应超过该方向跨度的 1/10；
- 5 可变荷载标准值与永久荷载标准值之比不应大于 2；
- 6 楼盖应按纵、横两个方向分别计算，且均应考虑全部竖向荷载的作用；
- 7 对于柔性支承楼盖，两个垂直方向的梁尚应满足下式要求：

$$0.2 \leq \frac{\alpha_1 l_2^3}{\alpha_2 l_1^3} \leq 5.0 \quad (6.4.1-1)$$

式中： l_1 、 l_2 分别为板计算方向和垂直于计算方向的跨度(m)，取柱支座中心线之间的距离；

α_1 、 α_2 分别为计算方向和垂直于计算方向梁与板截面抗弯刚度的比值。

8 计算方向和垂直于计算方向梁与板截面抗弯刚度的比值应按下式计算：

$$\alpha = \frac{E_a I_b}{E_s I_s} \quad (6.4.1-2)$$

式中： E_a 、 E_s 分别为梁、板的混凝土弹性模量(N/mm²)；

I_b 、 I_s 分别为梁、板的截面惯性矩(N/mm⁴)，应分别按本标准第 6.4.2 条和第 6.4.3 条的规定计算。

6.4.2 柔性支承现浇混凝土空心楼盖中，梁的截面惯性矩 I_b 按 T 形截面计算，每侧翼缘计算宽度宜取梁高与板厚之差，且不应超过板厚的 4 倍。

6.4.3 柔性支承现浇混凝土空心楼盖中，楼板的截面惯性矩 I_s 可按本标准第 6.4.4 条的规定的计算板带计算，梁位置按实心板计算，空心楼板部分的截面惯性矩可按本标准附录 D 规定计算。

6.4.4 计算板带取柱支座中心线两侧区格各自中心线为界的板带。板带可划分为柱上板带和跨中板带，板带宽度应按下列规定取值：

1 柱上板带应为柱支座中心线两侧各自区格宽度的 1/4 之和；

2 跨中板带应为每侧各自区格宽度的 1/4。

6.4.5 计算板带在计算方向一跨内的总弯矩设计值 M_0 ($N \cdot m$) 应按下列式计算：

$$M_0 = \frac{1}{8} q b l_n^2 \quad (6.4.5)$$

式中： q 板面竖向均布荷载设计值 (N/m^2)；

b 计算板带的宽度 (m)；当垂直于计算方向柱中心线两侧跨度不等时，取两侧跨度的平均值；当计算板带位于楼盖边缘时，取该区格中心线到楼盖边缘的距离；

l_n 计算方向板的净跨 (m)，取相邻柱 (柱帽或墙) 侧面之间的距离，且不应小于 $0.65 l_1$ 。

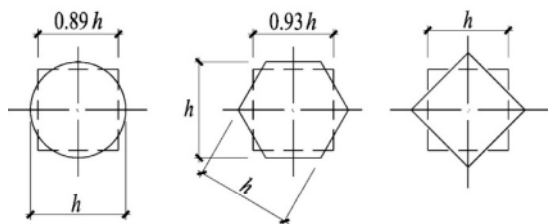


图 2 支座等效截面

6.4.6 计算板带的总弯矩设计值 M_0 可按下列原则分配 (见图 6.4.6)：

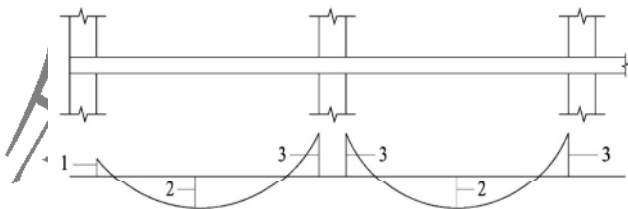


图 6.4.6 板带总弯矩的分配示意图

1 边支座负弯矩；2 正弯矩；3 内支座负弯矩

1 计算板带的内跨负弯矩设计值应取 $0.65M_0$ ，正弯矩设计

值应取 $0.35M_0$ ；

2 计算板带的端跨弯矩应按表 6.4.6 的系数分配：

表 6.4.6 计算板带端跨各控制截面弯矩设计值分配系数

约束条件 截面内力	边支座简支	边支座为柔性支承			边支座嵌固
		各支座之间 均有梁	内支座之间无梁		
			无边梁	有边梁	
边支座负弯矩	0	0.16	0.26	0.30	0.65
正弯矩	0.63	0.57	0.52	0.50	0.35
内支座负弯矩	0.75	0.70	0.70	0.70	0.65

3 内支座截面设计时，其负弯矩应取支座两侧负弯矩的较大值，否则应对不平衡弯矩按相邻构件的刚度再分配；设计板的边缘或边梁时，应考虑边支座负弯矩的扭转作用。

6.4.7 柱上板带各控制截面所承担的弯矩设计值宜按本标准第 6.4.6 条确定的弯矩设计值乘以表 6.4.7 的系数确定：

表 6.4.7 柱上板带弯矩分配系数

截面内力	适用条件	l_2/l_1			
		0.5	1.0	2.0	
内支座负弯矩	$a_1 l_2/l_1 = 0$	0.75	0.75	0.75	
	$a_1 l_2/l_1 \geq 1.0$	0.90	0.75	0.45	
边支座负弯矩	$a_1 l_2/l_1 = 0$	$\beta_c = 0$	1.00	1.00	1.00
		$\beta_c \geq 2.0$	0.75	0.75	0.75
	$a_1 l_2/l_1 \geq 1.0$	$\beta_c = 0$	1.00	1.00	1.00
		$\beta_c \geq 2.0$	0.90	0.75	0.45
正弯矩	$a_1 l_2/l_1 = 0$	0.60	0.60	0.60	
	$a_1 l_2/l_1 \geq 1.0$	0.90	0.75	0.45	

注：1 柱上板带弯矩分配系数可按表中数值的线性插值确定；

2 当支座由墙或柱组成，且其支承长度不小于 $3b/4$ 时，可按负弯矩在计算板带宽度 b 范围内均匀分布计算；

3 表中抗扭刚度系数 β_c 应按本标准第 6.4.8 条的规定确定。

6.4.8 抗扭刚度系数 β_c 应满足下列规定：

$$\beta_t = \frac{E_s C}{2.5 E_s I_s} \quad (6.4.8-1)$$

$$C = \sum (1 - 0.63 \frac{x}{y}) \frac{x^3 y}{3} \quad (6.4.8-2)$$

式中: C 截面抗扭常数(mm^4), 将垂直于跨度方向的抗扭构件横截面划分为若干个矩形, 取不同划分方案计算结果的最大值;

x 、 y 抗扭构件划分为若干矩形时, 每一矩形截面的高度与宽度(mm), 抗扭构件横截面应按下列规定确定:

1 以柱(柱帽)为支承时, 只有一个矩形时, 其截面高度可取楼板厚度, 宽度可取与柱(柱帽)等宽(图 6.4.8)

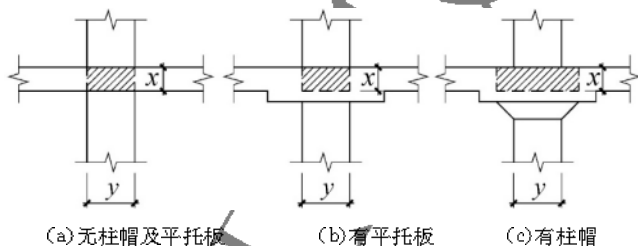


图 6.4.8 典型抗扭构件宽度图示

2 以框架柔性梁为支承时, 可取下述两种情况的较大值:

- 1) 板带上加上横梁凸出板上、下的部分, 板带的宽度取与柱(柱帽)等宽;
- 2) 本标准第 6.4.2 条规定的计算截面。

6.4.9 柔性支承楼盖柱上板带所承担的弯矩包括由板承担的弯矩和由梁承担的弯矩两部分。由梁承担的弯矩占柱上板带总弯矩的比例应按下列规定取值:

- 1 当 $a_1 b_2 / l_1 \geq 1.0$ 时, 取 85%;
- 2 当 $0 \leq a_1 b_2 / l_1 < 1.0$ 时, 取 0 到 85% 之间的线性插值;
- 3 直接作用于梁上的荷载所产生的弯矩应由梁全部承担。

6.4.10 柔性支承楼盖跨中板带所承担的弯矩设计值应按下列规定取值:

1 计算板带中柱上板带未承受的弯矩设计值应按比例分配给两侧的跨中板带；

2 与支承墙平行的边跨跨中板带，应承担远离墙体的半个跨中板带弯矩设计值的两倍。

6.4.11 柔性支承楼盖应按国家现行标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定验算梁的斜截面受剪承载力，梁承担的剪力设计值应按下列规定计算：

1 当 $a_1 l_2 / l_1 \geq 1.0$ 时，梁应承担其荷载从属面积范围内板所传递的设计剪力；该从属面积取板角 45° 线与相邻区格平行于梁的中心线所包围的面积(图 6.4.11 阴影面积)；

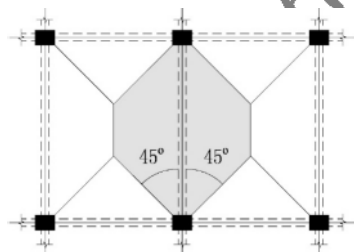


图 6.4.11 梁的荷载从属面积示意

2 当 $0 \leq a_1 l_2 / l_1 < 1.0$ 时，应取 0 剪力值和本条第 1 款所计算剪力设计值之间的线性插值；

3 直接作用于梁上的荷载所产生的剪力应由梁全部承担。

6.5 等代框架法

6.5.1 柔性支承现浇混凝土空心楼盖采用等代框架法计算内力时，应按楼盖的纵、横两个方向分别进行，每个方向的计算均应取全部竖向作用荷载。

6.5.2 等代框架梁的计算宽度应按下列规定确定：

1 竖向荷载作用下，等代框架梁的计算宽度可取垂直于计算方向的两个相邻区格板中心线之间的距离(图 6.5.2)。

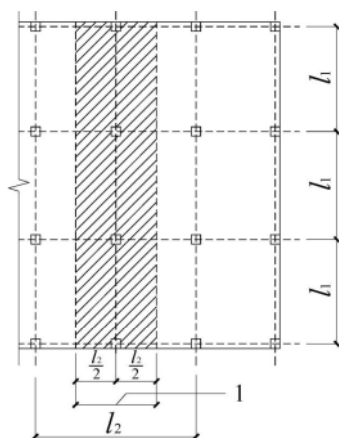


图 6.5.2 竖向荷载作用下等代框架梁的计算宽度

1 等代框架梁计算宽度

2 水平荷载或地震作用下,等代框架梁的计算宽度宜取下列公式计算结果的较小值:

$$b - \frac{1}{2}(l_2 + b_{\text{cor}}) \quad (6.5.2-1)$$

$$b - \frac{3}{4}l_1 \quad (6.5.2-2)$$

式中: b 等代框架梁的计算宽度(mm);

l_1, l_2 计算方向及与之垂直方向柱支座中心线间距离(mm);

b_{cor} 垂直于计算方向的柱帽有效宽度(mm),无柱帽时取0。

6.5.3 等代框架梁位于节点区外任意截面的惯性矩 I_{br} 应按下式计算:

$$I_{br} = I_b + I_{s0} \quad (6.5.3)$$

式中: I_b 计算方向柱轴线上梁的截面惯性矩(mm^4),梁截面应按本标准第 6.4.2 条规定确定;

I_{s0} 等代框架梁宽度范围内除 I_b 所取梁截面外楼板截面惯性矩(mm^4),空心楼板部分的截面惯性矩可按本标准

附录 D 规定计算。

6.5.4 等代框架梁在柱中线至柱(柱帽)边之间的截面惯性矩,可按下列式计算:

$$I_b = \frac{I_1}{(1 - c_2/l_2)^2} \quad (6.5.4)$$

式中: c_2 垂直于板跨度 l_1 方向的柱(柱帽)宽(mm);

I_1 等代框架中梁板在柱(柱帽)边缘处的截面惯性矩(mm^4),按式(6.5.3)计算。

6.5.5 等代框架当跨度相差较大或相邻跨荷载相差较大时,应考虑柱及柱两侧抗扭构件的影响按等效柱计算,等效柱的刚度可按下列公式计算:

1 等效柱的截面惯性矩 I_{ec} 应按下列式计算:

$$I_{ec} = \frac{K_c}{K_c} I_c \quad (6.5.5-1)$$

2 等效柱的抗弯线刚度 K_{ec} 应按下列式计算:

$$K_{ec} = \frac{\sum K_c}{1 + \sum K_t/K_c} \quad (6.5.5-2)$$

式中: K_c 柱的抗弯线刚度($\text{N} \cdot \text{mm}$),按本标准第 6.5.6 条确定;

K_t 柱两侧抗扭构件刚度($\text{N} \cdot \text{mm}$),按本标准第 6.5.7 条确定;

I_c 柱在计算方向的截面惯性矩(mm^4)。

6.5.6 柱的抗弯线刚度应按下列公式计算:

$$K_c = \psi \frac{4E_{cc}I_c}{H_i} \quad (6.5.6-1)$$

$$\psi = 1 - 1.83\lambda_{ca} + 14.7\lambda_{ca}^2 \quad (6.5.6-2)$$

$$\lambda_{ca} = h_{ca}/H_i \quad (6.5.6-3)$$

式中: E_{cc} 柱的混凝土弹性模量(N/mm^2);

H_i 柱的计算长度(mm),取下层楼板中心轴至上层楼板中心轴间距离;对底层柱取基础顶面至一层楼板中心轴距

离;柔性支承楼盖尚应减去梁、板高度之差;

h_{ca} 柱帽高度(mm),无柱帽时取 0;

ψ 考虑柱帽的影响系数;

λ_{ca} 柱帽高度与柱计算长度之比。

6.5.7 柱两侧抗扭构件刚度 K_t 可按下式计算:

$$K_t = \beta_6 \sum \frac{9E_c C}{l_2(1 - c_2/l_2)^3} \quad (6.5.7-1)$$

式中: E_c 板的混凝土弹性模量(N/mm²);

C 截面抗扭常数(mm⁴),按本标准式(6.4.8-2)计算;

β_6 抗扭刚度增大系数,对以柱(柱帽)支承的柔性支承楼盖,应取 1.0;对其它柔性支承楼盖,可按下式计算:

$$\beta_6 = \frac{I_{bf}}{I_{bs}} \quad (6.5.7-2)$$

式中: I_{bf} 等代框架梁截面惯性矩(mm⁴),按本标准第 6.5.3 条规定计算;

I_{bs} 等代框架梁宽度的楼板截面惯性矩(mm⁴),梁位置按实心板计算,空心楼板部分的截面惯性矩可按本标准附录 D 规定计算。

6.5.8 当以柱(柱帽)为支承的柔性支承楼盖在竖向均布荷载作用下按等代框架法进行计算时,负弯矩控制截面可按下列规定确定:

1 对内跨支座,弯矩控制截面可取柱(柱帽)侧面处,但与柱中心的距离不应大于 $0.175l_1$;

2 对有柱帽或托板的边跨支座,弯矩控制截面距柱侧距离不应超过柱帽侧面与柱侧面距离的 1/2。

7 结构构件计算

7.1 一般规定

7.1.1 现浇混凝土空心楼盖结构构件应按承载能力极限状态和正常使用极限状态进行设计。

7.1.2 现浇混凝土空心楼盖进行承载力计算和抗裂验算时,应取楼盖混凝土实际截面;正截面受弯承载力计算时,位于受压区的翼缘计算宽度应按国家现行标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 有关规定确定;受压区高度不宜大于受压翼缘的厚度,当单向布置填充体时,横向受弯承载力计算的受压区高度不应大于受压翼缘的厚度;抗裂验算时,应考虑位于受拉区的翼缘。

7.1.3 对于预应力混凝土空心楼盖,除应进行承载能力极限状态计算和正常使用极限状态验算外,尚应按具体情况对施工阶段进行验算。预应力作为荷载效应时,对于承载能力极限状态,当预应力作用效应对结构有利时,预应力分项系数应取 1.0,不利时应取 1.3;对于正常使用极限状态,预应力作用分项系数应取 1.0。

7.1.4 超静定预应力混凝土空心楼盖在进行承载力计算和抗裂验算时,应考虑次内力影响,次内力参与组合的计算应符合国家现行标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定。

7.2 设计计算原则

7.2.1 空心楼盖的承载力极限状态应按下列公式验算:

持久设计状况、短暂设计状况:

$$\gamma_0 S_d \leq R_d \quad (7.2.1-1)$$

地震设计状况:

$$S_d \leq R_d / \gamma_{RE} \quad (7.2.1-2)$$

式中： γ_0 结构重要性系数，按国家现行标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 采用；

S_d 承载力极限状态下作用组合的效应设计值，按国家现行标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 和《建筑抗震设计规范》GB 50011 的有关规定计算；

R_d 结构构件承载力设计值；

γ_{RE} 承载力抗震调整系数。

7.2.2 现浇混凝土空心楼盖的正常使用极限状态验算，应根据荷载效应的标准组合并考虑长期作用的影响按下式验算：

$$S \leq C \quad (7.2.2)$$

式中： S 正常使用极限状态荷载组合的效应设计值；

C 结构构件达到正常使用要求所规定的变形、裂缝宽度、应力和自振频率等的限值，按国家现行标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 采用。

7.3 承载力极限状态计算

7.3.1 刚性支承楼盖现浇混凝土空心楼板的承载力计算可仅考虑竖向荷载组合的效应。

7.3.2 柔性支承楼盖柱上板带的承载力计算应考虑水平荷载效应与竖向荷载效应的组合，跨中板带可仅考虑竖向荷载效应的组合。

7.3.3 现浇混凝土空心楼盖的正截面受弯承载力应按国家现行标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 中有关规定验算。

7.3.4 现浇混凝土空心楼板斜截面受剪承载力应将计算单元截面简化为 I 形或矩形截面按国家现行标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 中有关规定执行；当设置肋梁时，应考虑肋梁内箍筋对受剪承载力的影响。

7.3.5 当填充体为填充管(棒)且未配置抗剪钢筋时,现浇混凝土空心楼板计算单元宽度范围内的受剪承载力应符合下列规定:

1 空心楼板沿填充管(棒)纵向受剪承载力应按下列式计算:

$$V \leq 0.7f_b b_w h_0 + V_p \quad (7.3.5-1)$$

2 空心楼板沿填充管(棒)横向受剪承载力应同时满足下列公式

$$V \leq 0.5f_b b(h-D) + V_p \quad (7.3.5-2)$$

$$V \leq 0.5b_f b_w b \quad (7.3.5-3)$$

式中: f_c 混凝土轴心抗拉强度设计值(N/mm^2);

V_p 计算单元宽度内由预应力所提高的受剪承载力设计值(N),按国家现行标准《混凝土结构设计规范》GB 50010的有关规定确定;

V 计算宽度范围内剪力设计值(N);

h_0 空心楼板截面有效高度(mm);

h 空心楼板板厚(mm);

b_w 肋宽(mm);

b 计算单元宽度(mm),大小为 $D+b_w$ (图 7.3.5);

β 空心楼板沿填充管(棒)横向受剪承载力调整系数,按下式计算:

$$\beta = \frac{h+D}{2(D+b_w)} \quad (7.3.5-4)$$

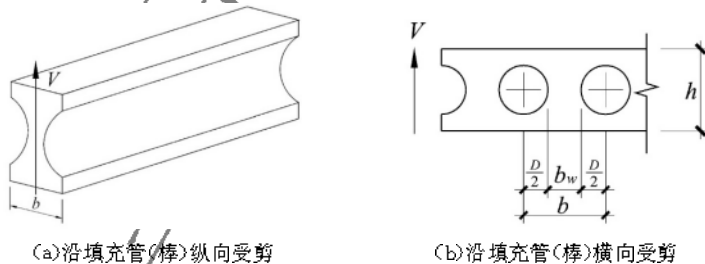


图 7.3.5 沿管(棒)纵向和横向受剪

7.4 正常使用极限状态验算

7.4.1 空心楼盖可按区格板进行挠度验算。在楼面竖向均布荷载作用下区格板的最大挠度计算值应按荷载标准组合效应并考虑荷载长期作用影响的刚度计算,所求得的最大挠度计算值不应超过表 7.4.1 规定的挠度限值。当构件制作时预先起拱,且使用上允许,最大挠度计算值可减去起拱值。预应力混凝土构件可按国家现行标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定考虑预应力所产生的反拱值。

表 7.4.1 楼盖挠度限值

跨度(m)	挠度限值
$l_0 < 7$	$l_0 / 200 (l_0 / 250)$
$7 \leq l_0 \leq 9$	$l_0 / 250 (l_0 / 300)$
$l_0 > 9$	$l_0 / 300 (l_0 / 400)$

注:1 表中 l_0 为楼盖的计算跨度;

2 表中括号内数值用于使用上对挠度有较高要求的楼盖;

3 计算悬挑空心楼板的挠度限值时,其计算跨度 l_0 按实际悬臂长度的 2 倍取用。

7.4.2 空心楼盖挠度计算所采用的楼板抗弯刚度可按下列规定确定:

1 空心楼板的抗弯刚度应按国家现行标准《混凝土结构设计规范》GB 50010、《无粘结预应力混凝土结构技术规程》JGJ 92 及《缓粘结预应力混凝土结构技术规程》JGJ387 的有关规定计算,并按本标准附录 D 规定考虑楼板的空心影响;

2 刚性支承楼盖现浇混凝土空心楼板抗弯刚度可取短跨方向跨中最大弯矩处的刚度;

3 柔性支承楼盖空心楼板抗弯刚度可取两个方向中间板带跨中最大弯矩处的刚度平均值。

7.4.3 在楼面竖向荷载作用下,钢筋混凝土及有粘结预应力混

混凝土空心楼板的裂缝控制应符合国家现行标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定；无粘结预应力混凝土空心楼盖的裂缝宽度计算应符合国家现行标准《无粘结预应力混凝土结构技术规程》JGJ 92 和《缓粘结预应力混凝土结构技术规程》JGJ 387 的有关规定。

7.4.4 对于大跨度空心楼盖，宜进行竖向自振频率验算，其自振频率不宜小于表 7.4.4 的限值。

表 7.4.4 楼盖竖向自振频率的限值(Hz)

房屋类型	自振频率限值
住宅、公寓	5
办公、旅馆	4
大跨度公共建筑	3

7.4.5 对于具有特殊使用要求的空心楼盖结构，应根据使用功能的具体要求进行验算。

7.5 节点计算

7.5.1 框架柔性梁与框架柱节点应满足国家现行标准《混凝土结构设计规范》GB 50010、《建筑抗震设计规范》GB 50011 及《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3 有关要求。

7.5.2 柔性支承楼盖宜由柔性梁受剪承载能力和节点实心区域受冲切承载能力承受全部竖向荷载，梁所承担的剪力设计值应按本标准第 6.4.11 条规定取值。框架柔性梁承担全部剪力时，柔性支承楼盖可不进行冲切验算。

7.5.3 梁宽大于柱宽的梁柱节点，框架柔性梁梁端的承载力应满足以下要求：

1 垂直于地震或风荷载作用方向的梁端处于弯矩 M 、剪力 V 和扭矩 T 共同作用，可按国家现行标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 进行弯 剪 扭承载力验算。

2 截面配筋可按梁端柱边处弯矩 M 、剪力 V 和扭矩 T 分别算得的纵向受拉钢筋和箍筋截面面积叠加后确定。

3 平行于地震或风荷载作用方向的梁端处于弯矩 M 、剪力 V 和扭矩 T 共同作用,其截面限制条件及承载力可按普通框架梁的方法计算。

4 计算时可考虑楼板对梁的抗扭承载力的贡献。

7.5.4 在 $x(y)$ 向地震作用组合或风荷载组合作用下, $y(x)$ 向框架柔性梁端除承受本身的弯矩和剪力外,尚应考虑 $x(y)$ 向框架柔性梁传来的扭矩 T , 扭矩 T 由 $x(y)$ 向框架柔性梁端未通过柱内的纵向受拉钢筋 A_{s0} 承受的不平衡弯矩所产生,作用在 y 向框架柔性梁上的扭矩 T_y 可按下列公式估算。作用在 x 向框架柔性梁上的扭矩 T_x 可用类似方法确定。

中柱节点

$$T_y = \left(M_x^e \frac{A_{s0}^e}{A_s^e} + M_x^r \frac{A_{s0}^r}{A_s^r} \right) / 2 \quad (7.5.4-1)$$

边柱节点

$$T_y = \left(M_x^e \frac{A_{s0}^e}{A_s^e} \right) / 2 \quad (7.5.4-2)$$

式中: M_x^e, M_x^r, M_x^t 作用在 x 向框架节点梁端的设计值;

A_{s0}^e, A_{s0}^r x 向框架节点梁端未通过柱内的纵向受拉钢筋截面面积;

A_s^e, A_s^r x 向框架节点梁端的全部纵向受拉钢筋截面面积。

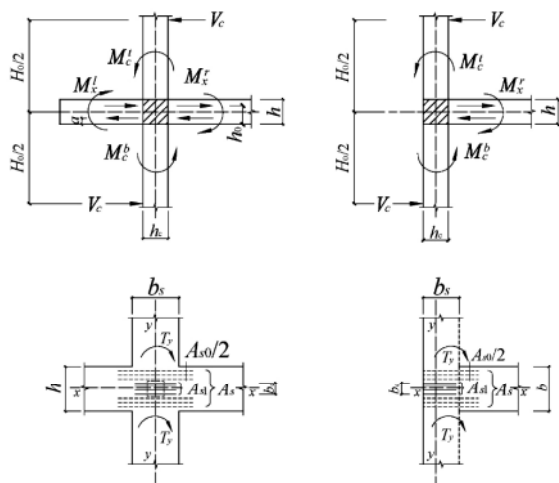


图 7.5.4 梁柱节点区的受力图

7.5.5 梁柱节点的受剪承载力应满足以下要求：

1 框架节点核心区有两种破坏可能性见核心区 1，在 $abcd$ 面积 A_{j1} 内破坏；而核心区 2，则在 $ae f b d h g c$ 面积 A_{j2} 内破坏。作用在节点核心区的剪力 V_{j1} 可按照下列公式计算，考虑抗震等级的区别，系数 β 分别取用：一级抗震等级， $\beta=1.35$ ，当 M_c^l 和 M_c^r 均为负弯矩时，绝对值较小的弯矩应取零；且尚应满足 $\beta \geq 1.15$ ， M_c^l 和 M_c^r 取用实配钢筋面积（计入受压钢筋）和材料强度标准值计算，并考虑 γ_{RE} 的正截面受弯承载力 $M_{c,ua}^l$ 和 $M_{c,ua}^r$ 。二级抗震等级 $\beta=1.20$ 。

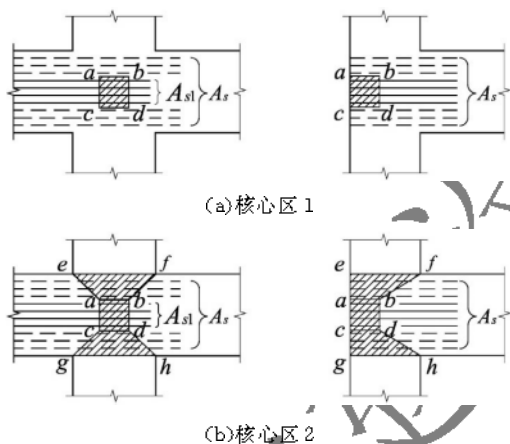


图 7.5.5 节点核心区的受力图

中柱节点的核心区 1:

$$V_{j1} = \beta \left[\frac{M_X^L \frac{A_{S1}^L}{A_S^L} + M_X^R \frac{A_{S1}^R}{A_S^R}}{h_{b0} - a} - \frac{M_X^L + M_X^R}{H_c - h} \right] \quad (7.5.5-1)$$

边柱节点的核心区 1:

$$V_{j1} = \beta \left[\frac{M_X^L \frac{A_{S1}^L}{A_S^L}}{h_{b0} - a} - \frac{M_X^L}{H_c - h} \right] \quad (7.5.5-2)$$

中柱节点的核心区 2:

$$V_{j2} = \beta \left[\left(\frac{M_X^L + M_X^R}{h_{b0} - a} \right) \left(1 - \frac{h_0 - a'}{H_c - h} \right) \right] \quad (7.5.5-3)$$

边柱节点的核心区 2:

$$V_{j2} = \frac{\beta M_X^L}{(h_{b0} - a)} \left(1 - \frac{h_0 - a'}{H_c - h} \right) \quad (7.5.5-4)$$

式中: H_c ——节点上柱和下柱反弯点之间的距离。

2 框架节点核心区的剪力限值 V_{j2} 应符合式(7.5.5-5)的要求。

$$V_{j2} \leq \frac{0.3\eta_b \beta_c f_c (b_c + b)}{\gamma_{RE}} \left(\frac{b_c + b}{2} \right) (h_c) \quad (7.5.5-5)$$

3 作用在框架节点核心区 2 的柱宽范围内、外的剪力 V_{j1} 和 $(V_{j2} - V_{j1})$ 应分别符合式(7.5.5-6)的要求。对柱宽范围外的核心区不考虑轴向压力 N 对受剪承载力的有利作用。

$$V_j \leq \frac{1}{\gamma_{RE}} \left[1.1\eta_j f_c A_j + 0.05\eta_j N + f_{yv} A_{sv} \frac{(h_{b0} - \alpha')}{s} + \alpha_a f_{ya} A_{sa} \frac{(h_{b0} - \alpha')}{s_a} \right] \quad (7.5.5-6)$$

式中: η_j 梁对节点的约束影响系数;对两个正交方向有梁约束的中柱节点柱宽范围内的核心区取 $\eta_j = 1.5$;其他情况的核心区取 $\eta_j = 1.0$;

A_j 节点核心区的面积,对柱宽范围内的核心区 A_j 取 abcd 面积;对柱宽范围外的核心区 A_j 取 abef 和 cdgh 面积(图 7.5.5)。

N 考虑地震作用组合的节点上柱底部的轴向压力设计值;当 $N > 0.5f_c b_c h_c$ 时,取 $N = 0.5f_c b_c h_c$;当为拉力时,取 $N = 0$;

f_{yv} 箍筋抗拉强度设计值;

A_{sv} 配置在同一截面内箍筋各肢的全部截面面积;

s 沿柱长度方向上箍筋的间距;

α_a 附加钢筋(腰筋或箍筋)的强度折减系数;在核心区 abcd 面积内的附件钢筋,取 $\alpha_a = 1.0$;在核心区 abef 和 cdgh 的面积内的附件钢筋,取 $\alpha_a = 0.8$;

f_{ya} 附加钢筋抗拉强度设计值;

A_{sa} 配置在同一截面内附加钢筋各肢的全部截面面积;

s_a 沿柱长度方向上附加钢筋的间距;

γ_{RE} 承载力抗震调整系数,取 $\gamma_{RE} = 0.85$ 。

7.5.6 对一、二、三级抗震等级的梁柱节点,应按本标准第 7.5.8 条及国家现行标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 进行抗震受冲切承载力验算。

7.5.7 在地震组合下,应考虑梁柱节点临界截面上的剪应力传

递不平衡弯矩的影响,其考虑抗震等级的等效集中反力设计值 $F_{i,\sigma}$ 可按国家现行标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 附录 F 的规定计算,此时, $F_{i,\sigma}$ 为梁柱节点临界截面所承受的竖向力设计值。由地震组合的不平衡弯矩在梁柱节点处引起的等效集中反力设计值应乘以增大系数,对一、二、三级抗震等级梁柱结构的节点,该增大系数可分别取 1.7、1.5、1.3。

8 构造要求

8.1 一般规定

8.1.1 空心楼板的体积空心率宜为 25%~50%，可按本标准附录 B 计算。

8.1.2 空心楼盖的跨度宜符合表 8.1.2 的规定。

表 8.1.2 楼盖的适用跨度

结构类别		跨度(m)
刚性支承楼盖	单向板	7~20
	双向板	7~25
柔性支承楼盖		7~20

注：带柱帽的柔性支承楼盖，跨度宜为 7~15m。

8.1.3 刚性支承空心楼板最小厚度不宜小于 200mm；柔性支承空心楼板最小厚度不宜小于 300mm。空心楼板上、下板的厚度宜为板厚的 1/8~1/4，且不宜小于 60mm，不应小于 50mm(图 8.1.3)。

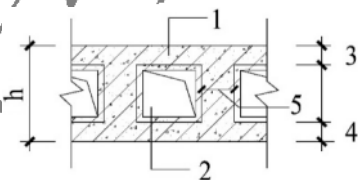


图 8.1.3 上、下板厚度及肋宽示意图

1 现浇混凝土；2 孔洞；3 上板厚度；4 下板厚度；5 肋宽

8.1.4 空心楼板应沿受力方向设肋，肋宽宜为填充体高度的 1/8~1/3，且当填充体为填充管、填充棒时，不应小于 50mm；当填充体为填充箱、填充块时，不宜小于 70mm；当肋中放置预应力筋时，肋宽不应小于 80mm。

8.1.5 空心楼板边部填充体与竖向支承构件间应设置实心区,实心区宽度应满足板的受剪承载力要求,从支承边起不宜小于0.20倍板厚,且不应小于50mm(图8.1.5)。

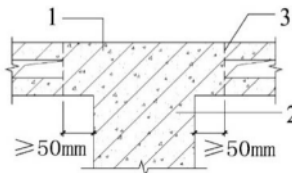


图 8.1.5 实心区范围示意图

1 混凝土实心区;2 支承构件;3 填充体起始处

8.1.6 当填充体为填充管(棒)时,在填充管(棒)方向宜设横肋,横肋间距不宜大于1.2m,横肋宽度不宜小于100mm,并可考虑横肋参与受剪承载力计算。

8.1.7 空心楼板的受力钢筋应符合下列规定:

- 1 受力钢筋与填充体的净距不得小于10mm;
- 2 楼板中受力钢筋宜均匀布置,其间距不宜大于250mm;
- 3 板面、板底钢筋锚入支座的长度应满足国家现行标准《混凝土结构设计规范》GB 50010的有关规定。

8.1.8 空心楼板的最小配筋应符合下列规定:

- 1 受力钢筋最小配筋面积 A_s 应符合下列规定:

$$A_s/A_0 \geq \rho_{\min} I/I_0 \quad (8.1.8-1)$$

式中: ρ_{\min} 最小配筋率,按国家现行标准《混凝土结构设计规范》GB 50010的有关规定取值;

I 截面惯性矩(mm^4);

I_0 相同外形的实心板截面惯性矩(mm^4);

2 预应力混凝土空心楼板的非预应力筋最小配筋面积 A_s 在两个方向均宜满足下列公式:

刚性支承楼板、柔性支承楼盖跨中板带

$$A_s/A_0 \geq 0.0025 \quad (8.1.8-2)$$

板内暗梁、柔性支承楼盖柱上板带

$$A_s / A_0 \geq 0.0030 \quad (8.1.8-3)$$

式中： A_s 非预应力筋面积(mm^2)；

A_0 相同外形的实心板截面积(mm^2)。

3 当有可靠的试验依据时，最小配筋率可按试验结果确定。

8.1.9 楼板受力钢筋间距大于 150mm 时，楼板角部板顶、板底宜配置附加的构造钢筋，并符合下列规定：

1 钢筋从支座边缘向两个方向的延伸长度均不应小于所在楼板短边净跨的 1/4。

2 钢筋直径不宜小于 8mm，间距不宜大于 200mm，配筋方式宜沿两个方向垂直布置、放射状布置或斜向平行布置。

8.1.10 空心楼板开洞时(图 8.1.10)，应符合国家现行标准《建筑抗震设计规范》GB 50011、《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3、《无粘结预应力混凝土结构技术规程》JGJ 92 的有关规定，并应满足下列规定：

1 当矩形洞边长和圆形洞口直径不大于 300mm 时，受力钢筋可绕过孔洞不截断(如洞口构造-1)。

2 当矩形洞边长和圆形洞口直径大于 300mm 但不大于 1000mm 时，洞口周边应布置不小于 100mm 宽的实心板带，且应在洞边布置补偿钢筋，每个方向的补偿钢筋面积不应小于该方向被切断钢筋的面积；且圆形洞口应沿洞边上、下各配置一根直径 8mm~12mm 的环形钢筋及 $\phi 6@ 200\sim 300$ 放射形钢筋。

3 当洞口切断肋时，应在洞口的周边设暗梁，暗梁宽度不应小于 150mm，每个方向暗梁主筋面积不应小于该方向被切断钢筋的面积，暗梁纵筋上下均不应小于 2 根直径 12mm 钢筋，暗梁箍筋直径不应小于 8mm(如洞口构造-2、洞口构造-3)。

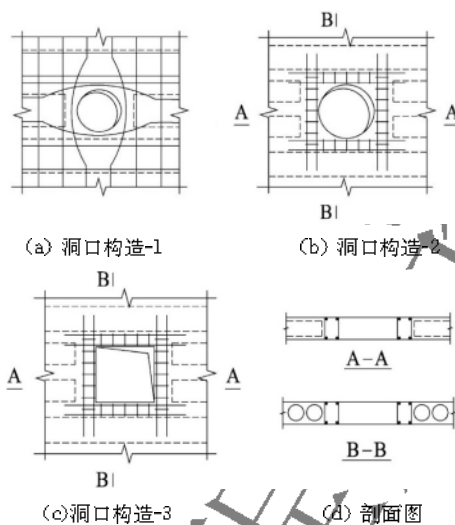


图 8.1.10 洞口构造示意图

8.1.11 空心楼板下设置吊挂时,应验算承载力,且吊点应布置在肋内。当空心楼板配有预应力筋时,吊点不应损伤预应力筋。

8.1.12 设置后浇带时,宽度及间距应符合国家现行标准《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3 的有关规定,后浇带内可放置填充体(图 8.1.12)。

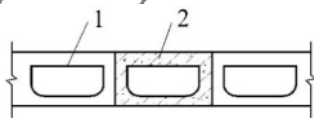


图 8.1.12 后浇带示意图

1) 填充体;2) 后浇带

8.1.13 当空心楼盖作为屋盖时,应采用防水混凝土。其上板厚度不应小于 80mm,下板厚度不应小于 50mm。当地下室顶板有覆土时,上板厚度不应小于 120mm,下板厚度不应小于 50mm。上板宜双层双向配筋,下板单层双向配筋。

8.1.14 地下室楼盖作为上部结构的嵌固部位时,在塔楼范围内的地下室楼盖应采用普通梁板结构,其余可采用柔性支承楼盖。

塔楼外相关范围内框架柔性梁的厚跨比不应小于 1/18,且楼盖厚度不小于 400mm,上板厚度不应小于 120mm,下板厚度不应小于 60mm。上板应双层双向布置,下板单层双向布置。

8.1.15 当空心楼盖用于人防工程时,中间楼层板上板厚度不应小于 120mm,下板厚度不应小于 80mm;顶板上板厚度不应小于 150mm,下板厚度不应小于 100mm。上板双层双向布置,下板单层双向布置,上、下板钢筋间应有可靠拉结,间距不大于 500mm。

8.2 柔性支承楼盖

8.2.1 框架柔性梁应符合国家现行标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 及《预应力混凝土结构抗震设计规程》JGJ 140 中有关扁梁的规定,且宜双向布置。用于一级抗震等级框架结构时梁宽不宜大于柱宽。

8.2.2 框架柔性梁的截面尺寸除应满足有关标准对挠度和裂缝宽度要求外,尚应满足下列要求:

1 梁的截面高度应满足刚度要求,对于梁高可取梁计算跨度的 1/18~1/25(对钢筋混凝土预应力梁可取 1/20~1/25),跨度较大时截面高度宜取较大值。

2 截面宽高比 b/h 不宜超过 3。

3 其截面尺寸应符合下列要求:

$$b_b \leq 2b_c \quad (8.2.2-1)$$

$$b_b \leq b_c + h_b \quad (8.2.2-2)$$

$$h_b \geq 16d \quad (8.2.2-3)$$

式中: b_c 柱截面宽度(mm),圆形截面取柱直径的 0.8 倍;

b_b 框架柔性梁的截面宽度(mm),当框架柔性梁为边梁时不宜超过柱截面宽度 b_c ;

h_b 框架柔性梁的截面高度(mm);

d 柱纵筋直径(mm)。

4 当与框架边梁相交的内部框架梁大于柱宽时,对边梁应采取措旒,以考虑其受扭的不利影响。

8.2.3 带柱帽的柔性支承楼盖宜在柱(柱帽)周边设置实心区域,其范围应为柱截面边缘向外不应小于1.5倍板厚。其尺寸和配筋应根据受冲切承载力计算确定,冲切承载力应按国家现行标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定计算。

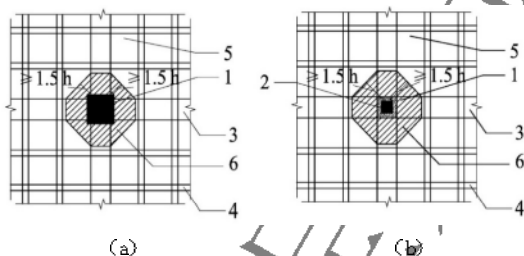


图 8.2.3 节点核心区及实心区示意图

- 1 节点核心区; 2 节点外核心区; 3 框架柔性梁;
4 肋; 5 空心内模; 6 实心区域

8.2.4 框架柔性梁的纵筋宜单排布置。框架柔性梁纵向受力钢筋的最小配筋率,除应符合国家现行标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定外,尚不应小于0.3%,间距不宜大于100mm。

8.2.5 框架柔性梁梁高 $\geq 600\text{mm}$ 时,梁两侧应配置腰筋,其直径不宜小于12mm,间距不宜大于200mm。

8.2.6 框架柔性梁的纵筋应有不小于75%的总纵筋穿过柱或锚入柱内。其下部纵向钢筋不宜小于上部纵向钢筋的1/2。

8.2.7 框架柔性梁箍筋加密区及非加密区的构造应满足以下要求:

1 框架柔性梁(包括预应力梁)端箍筋加密区长度,一级抗震等级取 $2.5h_b$ 或500mm二者中的较大值;二、三、四级抗震等级取 $2h_b$ 或500mm二者中的较大值,且箍筋加密区长度不应小于1000mm(图8.2.8);

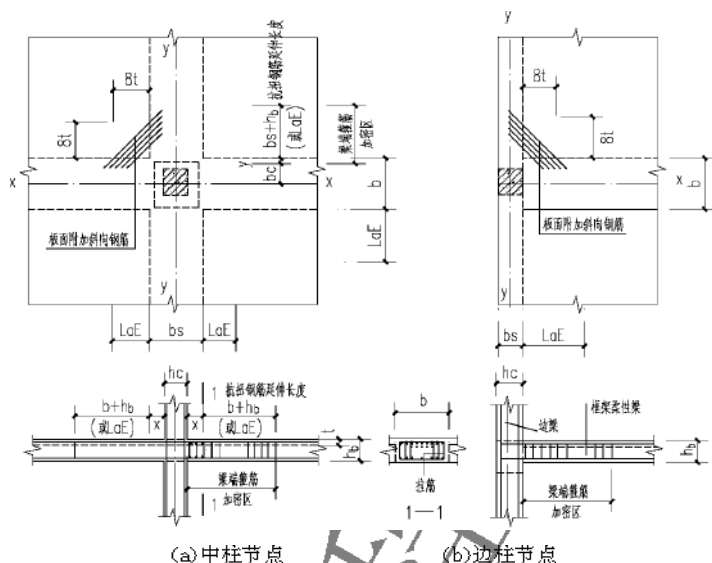


图 8.2.8 框架柔性梁的配筋构造

2 对于中柱节点 x 向、 y 向及边柱节点 y 向，框架柔性梁端箍筋的加密区长度尚应满足抗扭钢筋延伸长度的要求，即 x 向梁端取 $x + (b + h_b$ 或 l_{aE} 的较大值)； y 向梁端取 $y + (b_s + h_b$ 或 l_{aE} 的较大值)。

3 为防止板面斜裂缝的开展，当中柱节点和边柱节点在梁交角处的板面顶层纵向钢筋和横向钢筋间距 $> 200\text{mm}$ 时，可配置板面附加斜向钢筋，如图 8.2.8 所示。

4 框架柔性梁的箍筋肢距不宜大于 200mm 和 20 倍箍筋直径的较大值。

8.2.9 柔性支承楼盖可根据承载力和变形可采用有柱帽(柱托板)形式。柱托板的长度和厚度应按计算确定，且每方向长度不宜小于板跨度的 $1/6$ ，厚度不宜小于楼板厚度的 $1/4$ 。托板或柱帽每方向长度尚不宜小于同方向柱截面宽度与 4 倍板厚之和，托板或柱帽根部的厚度(包括板厚)尚不应小于 16 倍柱纵筋直径(图 8.3.6)。托板或柱帽底部钢筋应按计算确定，并应满足抗震

锚固要求。当受冲切承载力不足时,可采用型钢剪力架(键),板的厚度不宜小于 300mm。

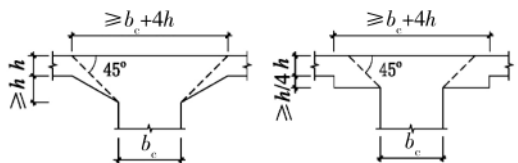


图 8.3.6 带柱帽或托板的梁柱节点

8.3 节点构造

8.3.1 框架柔性梁节点的内、外核心区均可视为梁的支座,梁纵向受力钢筋在支座区的锚固和搭接均按国家现行标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 有关框架梁的规定执行。其中支座梁底的钢筋宜贯通;框架柔性梁上部通长筋不少于 20%贯通,且不少于 2 根。

8.3.2 节点核心区水平抗剪箍筋除在核心区柱内按《混凝土结构设计规范》GB 50010 和《建筑抗震设计规范》GB 50011 要求计算和设置外,还应在外核心区周边设置,抗震等级一级时不宜小于 $\phi 12@100$;二、三级时不宜小于 $\phi 10@100$;其余情况不宜小于 $\phi 10@200$,梁腰筋可替代水平箍筋。

8.3.3 在外核心区周边应设置垂直拉筋。附加垂直拉筋的构造要求为:抗震等级一级时不宜小于 $\phi 12@100$;二、三级时不宜小于 $\phi 10@100$;梁箍筋可替代拉筋。

8.3.4 节点外核心区内部宜设置垂直拉筋,构造要求:抗震等级一级时不小于 $\phi 10@100$;二、三级时不小于 $\phi 8@100$,框架柔性梁箍筋可替代垂直拉筋。

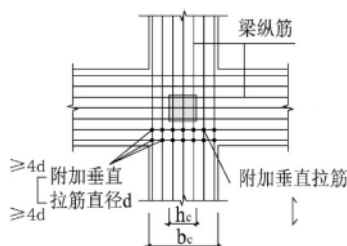


图 8.3.4 外核心区垂直抗剪拉筋示意图

8.3.5 配置抗冲切箍筋或弯起钢筋时,应符合下列构造要求:

- 1 空心楼板的厚度不宜小于 300mm;
- 2 按计算所需的箍筋及相应的架立钢筋应配置在与 45° 冲切破坏锥面相交的范围内,且从集中荷载作用面或柱截面边缘向外的分布长度不应小于 $1.5 h_0$ (图 8.3.5a);箍筋直径不应小于 6mm,且应做成封闭式,间距不应大于 $h_0/3$,且不应大于 100mm;
- 3 按计算所需弯起钢筋的弯起角度可根据板的厚度在 $30^\circ \sim 45^\circ$ 之间选取;弯起钢筋的倾斜段应与冲切破坏锥面相交(图 8.3.5b),其交点应在集中荷载作用面或柱截面边缘以外 $(1/2 \sim 2/3)h$ 的范围内。弯起钢筋直径不宜小于 12mm,且每一方向不宜少于 3 根。

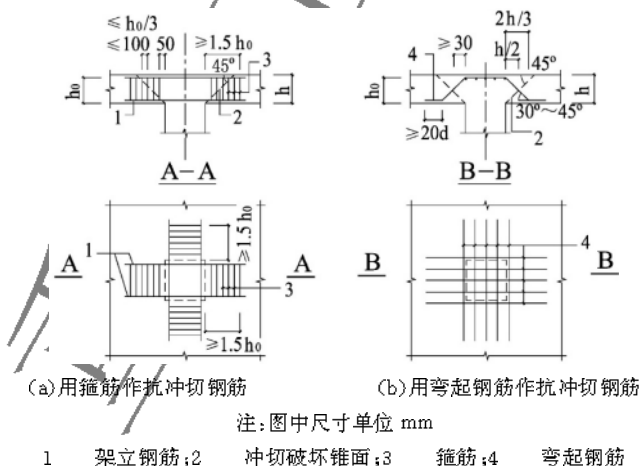


图 8.3.5 板中抗冲切钢筋布置

9 施工及验收

9.1 施工

9.1.1 空心楼盖的填充体、钢筋、混凝土等分项工程施工除应遵守本标准规定外,还应符合国家及地方相关标准的规定。

9.1.2 施工前应编制专项施工方案并满足下列要求:

1 施工方案应包括施工工艺流程、施工材料、施工设备、操作方法、质量保证措施、质量问题的处理及安全措施等针对性内容;

2 施工方案应按设计要求绘制详细的填充体排布图,排布图上应详细标明填充体型号规格、肋宽及与周围结构构件之间的距离等,并提出可靠的填充体锚固定位和防漂移技术措施;

3 当填充体需要采取抗浮措施时,施工方案应明确抗浮材料的材质、规格、布置方案和高度控制措施。

9.1.3 空心楼盖的施工应符合下列要求:

1 当设计未作规定时,模板应按施工规范规定起拱;

2 填充体要求整体外形平整,长度、宽度、高度均应符合设计、国家和地方相关标准要求;在运输和堆放时应轻装轻卸,严禁甩扔;在运输中应固定牢靠;吊装前,应检查吊篮或吊网的质量,单次吊装重量不应超出吊篮(网)承载力,吊装过程中填充体无掉落、无垮塌,严禁采用钢丝绳直接捆绑吊装填充体;

3 填充体的安装位置应符合设计及施工方案要求,并采取可靠的定位、抗浮和防漂移措施保证其安装位置准确、行列平直,并保证下翼缘厚度和板底受力钢筋混凝土保护层厚度;

4 施工中应采取防止措施防止损坏填充体,板面钢筋安装之前已损坏的填充体应予以更换,板面钢筋安装之后损坏的填充体,

应采取有效措施进行修补或封堵,防止混凝土漏入;

5 预留预埋设施安装工序应与钢筋、填充体安装等工序穿插进行;

6 当预留预埋设施无法避开填充体时,可对填充体采取开孔或断开等措施,并应对孔洞和缺口进行封堵修复。对管线集中的部位,宜采用局部调整填充体尺寸等措施避让;

7 浇筑混凝土前应对模板及填充体浇水润湿;

8 填充体安装施工和混凝土浇筑过程中,宜铺设施工通道,禁止将施工机具和材料直接放置在填充体上,施工操作人员不得直接在填充体上踩踏;

9 空心楼盖的混凝土用粗骨料最大粒径不宜大于 25mm;

10 混凝土浇筑宜采用布料机泵送施工,并一次连续浇筑成型。在楼板钢筋上铺设输送混凝土的泵管时,宜使用柔性缓冲支垫架空支承在板面;混凝土的坍落度应根据气温的变化确定,并不宜小于 200mm;振捣混凝土时,应避免振捣器触碰预应力筋、钢筋支凳、填充体,并保证板底、肋、板面混凝土振捣密实;

11 混凝土浇筑和振捣宜分两层进行,且应顺填充体长方向浇筑。首次浇筑宜为板厚的 1/2,待混凝土振捣密实后,方可进行第二次浇筑,第二次混凝土浇筑振捣应在第一层混凝土初凝前进行,振捣棒插入第一层中不宜大于 50mm;

12 浇筑混凝土时应对填充体进行观察,发现异常情况,应及时采取措施进行处理;

13 可重复使用的填充体在预留孔洞封堵前应清理干净空腔内的积水和杂物,采用高一个等级细石混凝土补孔。

14 轻质填充箱体应采取的措施,防止内模上浮。

9.1.4 空心楼盖施工工序可参照本标准附录 E。

9.2 材料进场验收

9.2.1 填充体进场时,检验批的划分应按同一厂家在正常生产条件下生产的同工艺、同规格、同材质的产品,连续进场 5000 件为一检验批,不足 5000 件时亦按一批计。同时应检查产品合格证、出厂检验报告,并进行抽样检验。当连续 3 批一次检验合格时,可扩大为每 10000 件为一个检验批。

9.2.2 填充体的检验方法应符合本标准附录 A 的规定,抽样应符合下列规定:

1 对每个检验批产品的外观质量应全数目测检查,其质量应符合本标准第 3.3 节的相关规定,对不符合外观质量要求的产品,可在现场修补,经检验合格后可继续使用;

2 从外观质量检验合格的产品中随机抽取 10 件试样进行尺寸检验;检验合格后,从中随机抽取 3 件试样检验各项物理化学力学性能指标。检验方法应符合本标准附录 A 的规定。

9.2.3 填充体的质量等级判定规则应符合下列规定:

1 当所抽取的 10 件试样尺寸偏差符合本标准第 3.3 节规定的合格率不小于 90%,且没有严重超差时,该检验批产品的尺寸可判定为合格。当合格率小于 90%但不小于 80%时,应再从该批中随机抽取 10 件试样进行检验,当按两次抽样总和计算的合格率不小于 90%,且没有严重超差时,则该检验批的尺寸仍可判定为合格。如不符合上述要求,则应逐件检验,并剔除严重超差者;

2 从上述 10 件试样中随机抽取 3 件试样进行物理化学力学性能检验,当检验符合本标准第 3.3.5 条的规定时,该检验批的物理化学力学性能可判定为合格。如某检验项目不符合要求,则应加倍抽样对不合格项目复检。当复检试样的检验结果均符合要求时,该检验批的物理化学力学性能仍可判定为合格。当复

检试样的检验结果仍不符合要求时,该检验批产品的该项物理化学力学性能判定为不合格。

9.2.4 填充体进场验收应按本标准附录 F 中的相关记录表进行记录,与本批产品的出厂合格证和出厂检验报告一并归入工程质量保证资料存档备查。

9.2.5 如用户对填充体物理化学和力学性能有特殊需要,还可根据相应要求进行专项性能的抽样检验,检验方案可由有关各方共同协商确定。

9.3 施工质量验收

9.3.1 空心楼盖结构用钢筋、预应力筋、填充体、水泥、砂、石、外加剂、矿物掺合料、水等原材料的进场检验,应按国家现行标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 及其他相关标准中的有关规定执行。

9.3.2 填充体安装检验批的质量要求及验收方法应符合表 9.3.2 的规定,验收结果可按本标准附录 F 记录。

表 9.3.2 填充体安装检验批的质量要求及验收方法

序号	检查项目	质量要求	检查数量	检验方法
1	填充体规格、型号、数量及安装位置	应符合设计要求	全数检查	观察,辅以钢尺量测
2	填充体定位及抗浮、防漂移技术措施	填充体定位、抗浮及防水平漂移措施可靠合理,方法正确。	全数检查	按施工方案的要求,目测,辅以钢尺量测
3	损坏填充体的处理	填充体或封裹层出现破损均应予以更换	全数检查	目测检查

续表 9.3.2

序号	检查项目	质量要求	检查数量	检验方法
4	同行(列)填充体中心线	15mm	在同一检验批内,抽查总行、列数的5%且不少于5。	拉线,用钢尺量测
5	相邻行(列)填充体平行度	15mm		拉线,用钢尺量测
6	相邻填充体顶面高差	$\leq 8\text{mm}$	在同一检验批抽查区域格板总数的5%且不少于3处	靠尺配以塞尺量测

9.3.3 填充体的安装验收宜归入模板分项工程验收,可不参与混凝土结构子分部工程的验收。但应提供填充体质量检验报告及出厂合格证等质量保证材料。

9.3.4 空心楼盖结构作为混凝土结构子分部工程的组成部分,其各分项工程应按国家现行标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 的规定进行验收。

附录 A 填充体检验方法

A.1 外观检查

A.1.1 填充体的外观质量用目测观察进行全数检查。

A.2 尺寸偏差检查

A.2.1 填充管、填充棒的尺寸偏差应按表 A.2.1 进行检验,尺寸测量应精确至 1mm。

表 A.2.1 填充管、填充棒尺寸偏差检验

项目	测量工具	检测方法
长度	钢尺	沿试样长度方向量测三次,取最大偏差值
断面尺寸	钢尺和外卡钳	在试样两端面及中部各量测一次,取最大偏差值
轴向表面平直度	靠尺和塞尺	在试样表面轴向量测三次,取最大偏差值

A.2.2 填充箱尺寸偏差应按表 A.2.2 检验,尺寸测量应精确至 1mm。

表 A.2.2 填充块、填充箱、填充板尺寸偏差检验

项目	测量工具	检测方法
边长	钢尺	沿试样四个边长各量测一次,取最大偏差值
高度(厚度)	钢尺	沿试样四个侧面各量测一次,取最大偏差值
对角线长度差	钢尺	沿试样顶面和底面的对角线测量,取较大差值
表面平整度	靠尺和塞尺	在试样各表面分别量测一次,取最大偏差值

A.3 物理化学力学性能检查

A.3.1 填充体的表观密度可按下列规定进行检验:

1 测量和计算体积:

1) 填充管(棒):取自然干燥的试样,量测其直径和长度(精确至 $1 \times 10^{-3} \text{m}$),计算其体积 V (精确至 $1 \times 10^{-6} \text{m}^3$);

2) 填充箱:取自然干燥的试样,量测其长、宽和高(精确至 $1 \times 10^{-3} \text{m}$),计算其体积 V (精确至 $1 \times 10^{-6} \text{m}^3$);

2 用台秤称其质量 M (精确至 0.01kg);

3 填充体表观密度 g_{fu} 应按下列计算(精确至 0.1kg/m^3):

$$g_{fu} = M/V \quad (\text{A. 3. 1})$$

A.3.2 填充体的局部抗压荷载可按下列规定进行检验:

1 取试样放入水中浸泡;填充管、填充棒长度宜为 1m ;填充箱、填充块为一个填充体;填充板为一个芯块,边长不小于 20cm ;

2 浸泡 48h 后取出放置在水平板面上,底部垫平放稳,填充管、填充棒可采用与试样同长的三角木塞在两侧;

3 将 $100 \text{mm} \times 100 \text{mm} \times 20 \text{mm}$ 的加荷垫板放置在试样受检面中部,当填充体上表面为弧面时应采用同弧面垫板;

4 加荷分 5 级进行,每级加荷值为本标准表 3.3.5 中规定荷载值的 20% ,并静置 5min ,对试样外表面观察;

5 当加荷值达到本标准表 3.3.5 中规定的荷载值,试样无裂纹及破损迹象,可判定该批产品局部抗压荷载检验合格。

A.3.3 填充体的自然吸水率可按下列要求进行检验:

1 取一件填充体试样,称取试样自然干燥后质量 m ;

2 将填充体试样浸没在 $10^\circ\text{C} \sim 25^\circ\text{C}$ 清水中,水面应保持高出试样 $10 \text{mm} \sim 20 \text{mm}$, 24h 后将试样取出,用干毛巾擦干试样表面附着水,随即称取试样的重量 m_1 ;

3 填充体的自然吸水率 ω_m 按下式计算:

$$\omega_m = \frac{m_1 - m_0}{m_0} \times 100\% \quad (\text{A. 3. 3})$$

4 当自然吸水率满足本标准第 3.3.5 条规定时,可判定为

自然吸水率检验合格。

A.3.4 填充体抗振动冲击性可按下列要求进行检验：

- 1 选取外观质量、尺寸偏差合格的自然干燥的填充体试样；
- 2 用直径 30mm 的振动棒紧贴试样受测面振动 1 min；
- 3 检查表面，当无贯通性裂纹及破损时，则判定抗振动冲击性能合格。

A.3.5 充气芯模填充体气压可按下列方法进行检验：

- 1 选取外观质量、尺寸偏差合格的充气芯模填充体试样；
- 2 用气压表测量充气芯模单根气囊的气压，测量应精确至 0.1kPa；
- 3 当气压 ≥ 35 kPa 时，则判定其气压合格。

A.3.6 填充体的燃烧性能按国家现行标准《建筑材料及制品燃烧性能分级》GB 8624 规定方法进行检验。

A.3.7 填充体的氯化物和碱的总含量按国家现行标准《水泥化学分析方法》GB/T176 规定方法进行检验。

A.3.8 填充体放射性核素的限量按国家现行标准《建筑材料放射性核素限量》GB 6566 规定方法进行检验。

A.3.9 填充管、填充棒进场验收结果可按附录 F 中表 F.1.1-1 记录；填充箱进场验收结果可按附录 F 中表 F.1.1-2 记录。

附录 B 空心楼板自重、折实厚度、 体积空心率计算

B.0.1 现浇混凝土空心楼板自重可按下式计算：

$$G = (V_u - V_{fu})\gamma + G_{fu} \quad (\text{B.0.1})$$

式中： G 现浇混凝土空心楼板区格内自重(kN)，区格是指双向相邻柱轴线间形成的一个楼板区域；

G_{fu} 现浇混凝土空心楼板区格内填充体的重量(kN)；

V_{fu} 现浇混凝土空心楼板区格内填充体的体积(m^3)；

V_u 现浇混凝土空心楼板区格内总体积(m^3)；

γ 混凝土重度(kN/m^3)。

B.0.2 现浇混凝土空心楼板按重量等效的折实厚度可按下式计算：

$$h_{\text{等}} = \frac{G}{V_u \cdot \gamma} \times h \quad (\text{B.0.2})$$

式中： $h_{\text{等}}$ 现浇混凝土空心楼板折实厚度；

h 现浇混凝土空心楼板厚度。

B.0.3 现浇混凝土空心楼板的体积空心率 ρ_{void} 可按下式计算：

$$\rho_{\text{void}} = \frac{V_{fu}}{V_u} \times 100\% \quad (\text{B.0.3})$$

式中： V_{fu} 现浇混凝土空心楼板区格内填充体的体积(m^3)；

V_u 现浇混凝土空心楼板区格内总体积(m^3)；

附录 C 正交各向异性板的等效各向同性板法

C.0.1 由内置填充体形成的上、下表面闭合的正交各向异性板，其力学参数存在本标准式(6.2.3-6)所列关系，可将正交各向异性板等效为各向同性板计算。

C.0.2 等效各向同性板的几何尺寸、力学参数及荷载可由下列原则确定：

1 等效各向同性板的几何尺寸可按下列公式计算：

$$x \text{ 向跨度} \quad l_{x1} = l_x \quad (\text{C.0.2-1})$$

$$y \text{ 向跨度} \quad l_{y1} = k^{1/4} l_y \quad (\text{C.0.2-2})$$

2 等效各向同性板的弹性模量可按下式计算：

$$E_1 = E_x \quad (\text{C.0.2-3})$$

3 等效各向同性板的泊松比可按下式计算：

$$\nu_1 = k^{1/2} \nu_x \quad (\text{C.0.2-4})$$

4 等效各向同性板匀布荷载保持不变，集中荷载为原荷载的 $k^{-1/4}$ 倍。

5 正交异性板 y 向与 x 向的弹性模量比 k ，应按下式计算：

$$k = \frac{E_y}{E_x} \quad (\text{C.0.2-5})$$

式中： l_x, l_y 正交各向异性板 x 向和 y 向的跨度；
 l_{x1}, l_{y1} 等效各向同性板 x 向和 y 向的跨度；
 E_x, E_y 正交各向异性板 x 向和 y 向弹性模量；
 E_1, ν_1 等效各向同性板的弹性模量、泊松比。

C.0.3 计算出尺寸为 $l_{x1} \times l_{y1}$ ，弹性模量为 E_1 ，泊松比为 ν_1 的各向同性板在相应等效荷载作用下的内力和变形，原正交异性板各对应点变形不变，内力应按下列公式计算：

x 向弯矩：

$$M_x = M_{x1} \quad (\text{C. 0. 3-1})$$

y 向弯矩:

$$M_y = k^{\frac{1}{2}} M_{y1} \quad (\text{C. 0. 3-2})$$

扭矩:

$$M_{xy} = k^{\frac{1}{4}} M_{x1y1} \quad (\text{C. 0. 3-3})$$

x 向剪力:

$$Q_x = Q_{x1} \quad (\text{C. 0. 3-4})$$

y 向剪力:

$$Q_y = k^{\frac{1}{4}} Q_{y1} \quad (\text{C. 0. 3-5})$$

式中: M_{x1} 、 M_{y1} 、 M_{x1y1}

矩及扭矩;

M_x 、 M_y 、 M_{xy}

及扭矩;

Q_{x1} 、 Q_{y1}

Q_x 、 Q_y

等效各向同性板 x 向弯矩、 y 向弯

矩及扭矩;

正交各向异性板 x 向弯矩、 y 向弯矩

及扭矩;

等效各向同性板 x 向剪力、 y 向剪力;

正交各向异性板 x 向剪力、 y 向剪力;

附录 D 空心楼盖截面特性

D.0.1 双向布置填充体的现浇混凝土空心楼板,两正交方向的截面特性应按下列规定计算:

1 选取两相邻填充体中心线之间的范围作为一个计算单元(图 D.0.1-1)。

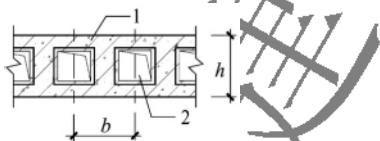


图 D.0.1-1 现浇混凝土空心楼板截面示意图

1 混凝土;2 填充体

2 可将计算单元简化为 I 形截面计算其截面积 A 和截面惯性矩 I (图 D.0.1-2)。

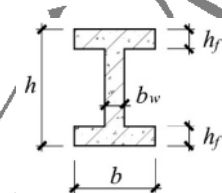
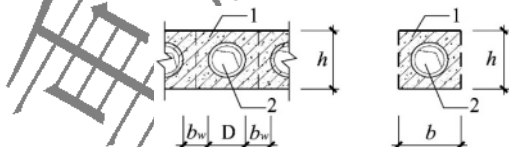


图 D.0.1-2 截面计算单元示意图

D.0.2 当内置填充体为圆形截面且圆心与板形心一致时,可取宽度 $D+b_w$ 为一个计算单元(图 D.0.2),其截面面积和截面惯性矩的计算应符合下列规定:



(a)空心板截面示意图 (b) 计算单元示意图

图 D.0.2-1 圆形截面填充体空心板

1 混凝土;2 填充体

1 空心楼板沿填充体纵向的截面积和截面惯性矩应按下列公式计算：

$$A_a = bh - \frac{1}{4}\pi D^2 \quad (\text{D. 0. 2-1})$$

$$I_a = \frac{bh^3}{12} - \frac{\pi D^4}{64} \quad (\text{D. 0. 2-2})$$

式中： A_a 、 I_a 纵向一个计算单元宽度内空心楼板截面积 (mm^2)、截面惯性矩 (mm^4)；

D 填充体直径 (mm)；

b_w 肋宽 (mm)；

b 计算单元宽度 (mm)，大小为 $D + b_w$ ；

h 楼板厚度 (mm)。

2 空心楼板沿填充体横向的截面积和截面惯性矩可按下列公式计算：

$$A_p = b(1.06h - D) \quad (\text{D. 0. 2-3})$$

$$I_p = kI_a \quad (\text{D. 0. 2-4})$$

式中： A_p 、 I_p 横向一个计算单元宽度内空心楼板截面积 (mm^2)、截面惯性矩 (mm^4)；

k 横向计算单元与纵向计算单元截面惯性矩比，可按表 D. 0. 2 采用，中间值按线性插值。

表 D. 0. 2 横向计算单元与纵向计算单元截面惯性矩比 k

D/h	0.45	0.50	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80
k	0.97	0.96	0.95	0.93	0.90	0.87	0.82	0.77

附录 E 施工流程

E.0.1 现浇混凝土空心楼盖可按图 E.0.1 流程施工：

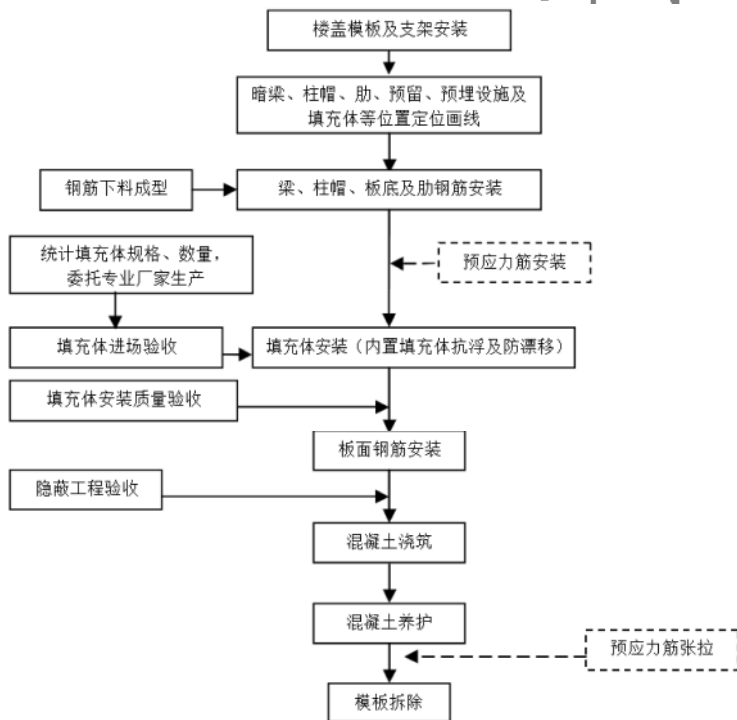


图 E.0.1 现浇混凝土空心楼盖施工流程图

注：1 图中虚线工序为预应力特需工序。

2 预留、预埋设施施工应适时与钢筋、填充体安装穿插进行。

附录 F 填充体质量验收记录表

F.1 进场验收记录表

F.1.1 各类填充体进场验收应按下列各表分别记录。

表 F.1.1-1 填充管、填充棒进场验收记录表

产品名称		规格型号			
产品合格证		出厂检验报告			
生产厂名称		进场日期			
批次		批量			
检验项目		质量要求		检查结果	
外观质量	贯通性裂纹	不允许			
	镂空网眼、孔洞及破损	不允许			
	填充管封堵	密实牢固			
	蜂窝麻面、气孔	每处面积 $<50\text{cm}^2$,每件产品 ≤ 2 处			
	外表封闭层	封装严密,牢固,无裂纹、破损、起皮、脱落现象			
底部圆角	填充体下部沿长边应圆角半径 $5\sim 8\text{cm}$				
尺寸偏差	长度(mm)	$L\leq 500$	+8		
		$L> 500$	+10		
	断面尺寸(mm)	$D\leq 300$	+5		
		$D> 300$	+8		
	平直度(mm)	$L\leq 500$	≤ 5		
		$L> 500$	≤ 8		

物理 化学 力学 性能	燃烧性能	不低于 B1 级	
	氯化物含量	$\leq 0.2\%$	
	碱含量	$\leq 3\text{Kg/m}^3$	
	放射性核素的限量	$\text{IRa} \leq 1.0, \text{Ire} \leq 1.3$	
	表观密度(kg/m^3)	≤ 500.0	
	48h 浸泡后局部抗压荷载(kN)	≥ 1.0	
	自然吸水率(%)	≤ 5 (如 $>5\%$,采取可靠技术措施,经处理后填充体自然吸水率不大于 5%)	
	气压(充气芯模)	$\geq 35\text{KPa}$	
	抗振动冲击	不出现贯通性裂纹及破损	
	施工单位检查评定结果	项目专业质量检查员:	
监理(建设)单位验收结论	监理工程师: (建设单位项目专业技术负责人)		年 月 日

注:产品合格证和出厂检验报告应作为本表的附件。当填充体为充气芯模时,物理化学力学性能检测气压和抗振动冲击。

表 F.1.1-2 填充箱进场验收记录表

产品名称		规格型号	
产品合格证		出厂检验报告	
生产厂名称		进场日期	
批次	批量		
检验项目		质量要求	检查结果
外观 质量	贯通性裂纹	不允许	
	镂空网眼、孔洞及破损	不允许	
	密封性	可靠	
	蜂窝麻面、气孔	每处面积不大于 50cm^2 , 每件产品不超过 2 处	
	外表封闭层	封装严密,牢固,无裂纹、破损、 起皮、脱落现象	
	填充箱、块底部圆角	边长大于 300 的填充体四边 应圆角半径 $5\sim 8\text{cm}$	

表 F.2.1 填充体安装检验批质量验收记录表

分部工程名称				验收部位、区段				
施工单位				项目经理				
施工执行标准名称及编号								
检查项目		质量验收标准的规定		施工单位检查 评定记录		监理(建设) 单位验收记录		
主控 项 目	1	填充体规格型号、 数量及安装位置	应符合设计要求					
	2	填充体抗浮、定位 防漂移措施	填充体抗浮和定位防漂移锚 固措施合理,抗浮钢筋锚固 定位准确,牢固可靠,并无 遗漏,定位格栅规格尺寸和 强度满足要求,无破损和脱 落。					
	3	在施工中造成填 充体和封裹层的 局部破损的处理	施工中应采取防止填 充体和封裹层破损,破损 的应进行更换					
	4	组合填充体各部 件之间连接牢固、 紧密度	绑扎或码钉连接牢固,重 型填充体的结合部位企口 完好,咬合紧密,高度和宽 度 $\geq 20\text{mm}$;填充体各 部件之间无脱落、错位和 滑移现象					
一 般 项 目	1	同行(列) 填充体中心线	$\leq 15\text{mm}$					
	2	相邻行(列) 填充体平行度	$\leq 15\text{mm}$					
	3	相邻填充体顶面 高低差	$\leq 8\text{mm}$					
施工单位检查 评定结果		专业施工员			施工班组长			
		项目专业质量检查员:						
		年 月 日						
监理(建设)单位 验收结论		监理工程师: (建设单位项目专业技术负责人) 年 月 日						

本标准用词说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待,对于要求严格程度不同的用词说明如下:

- 1) 表示很严格,非这样做不可的:
正面词采用“必须”;反面词采用“严禁”;
- 2) 表示严格,在正常情况下均应这样做的:
正面词采用“应”;反面词采用“不应”或“不得”;
- 3) 表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的:
正面词采用“宜”;反面词采用“不宜”;
- 4) 表示有选择,在一定条件下可以这样做的,采用“可”;

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

引用标准名录

- 1 《建筑结构荷载规范》GB 50009
- 2 《混凝土结构设计规范》GB 50010
- 3 《建筑抗震设计规范》GB 50011
- 4 《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204
- 5 《预应力混凝土用钢丝》GB/T 5223
- 6 《预应力混凝土用钢绞线》GB/T 5224
- 7 《建筑材料放射性核素限量》GB 6566
- 8 《预应力筋用锚具、夹具和连接器》GB/T 14370
- 9 《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3
- 10 《无粘结预应力混凝土结构技术规程》JGJ 92
- 11 《预应力混凝土结构抗震设计规程》JGJ 140
- 12 《缓粘结预应力钢绞线》JG/T 369

重庆市工程建设标准

现浇混凝土空心楼盖结构技术标准

DBJ50-359-2020

条文说明

2020 重 庆

重庆工程建设

制订说明

《现浇混凝土空心楼盖技术标准》DBJ50-359-2020 重庆市住房和城乡建设委员会 2020 年 7 月 29 日以渝建标〔2020〕26 号公告批准、发布。

本标准编制过程中,编制组进行了广泛的调查研究,总结了现浇混凝土空心楼盖技术的实践经验,同时参考了国外先进技术法规、技术标准,结合重庆市地区特点,取得了现浇混凝土空心楼盖设计、施工等重要技术参数。

为便于广大设计、施工、科研、学校等单位有关人员在使用本标准时能正确理解和执行条文规定,《现浇混凝土空心楼盖技术标准》编制组按章、节、条顺序编制了本标准的条文说明,对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明。但是,本条文说明不具备与标准正文同等的法律效力,仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

重庆工程建设

目 次

1	总则	77
2	术语与符号	78
2.1	术语	78
2.2	符号	79
3	材料	80
3.1	混凝土及普通钢筋	80
3.2	预应力筋及锚固系统	80
3.3	填充体	80
4	场地与地基	83
4.1	一般规定	83
4.2	场地	83
4.3	地基	84
5	结构设计基本规定	86
5.1	一般规定	86
5.2	房屋适用高度	86
5.3	房屋抗震等级	87
5.5	空心楼盖结构布置要求	87
6	结构分析方法	88
6.1	一般规定	88
6.2	拟板法	88
6.3	拟梁法	89
6.4	经验系数法	89
6.5	等代框架法	92

7	结构构件计算	94
7.1	一般规定	94
7.2	设计计算原则	94
7.3	承载力极限状态计算	94
7.4	正常使用极限状态验算	96
7.5	节点计算	96
8	构造要求	98
8.1	一般规定	98
8.2	柔性支承楼盖	99
8.3	节点构造	100
9	施工及验收	101
9.1	施工	101
9.2	材料进场验收	102
9.3	工程施工质量验收	103
附录 D	空心楼盖截面特性	105

1 总 则

1.0.1 现浇混凝土空心楼盖结构在减轻楼盖自重、减少地震作用、隔声、节能等方面较传统的实心板有较明显的优势,同时增加结构净空高度,可降低层高,目前已经在一些大跨度写字楼、商业楼、大型会展中心、图书馆、多层停车场等公共建筑及大开间民用住宅中广泛应用。

现浇混凝土空心楼盖结构有自身的特点,如:由于填充体布置的不对称性引起板的正交各向异性,正交异性板的内力和变形的计算方法以及圆孔板横向抗剪问题、横向最低配筋率及其算法等。制定本标准是为了规范现浇混凝土空心楼盖中使用的填充体的技术参数,并对以上提到的新的技术问题给出解决办法,确保工程设计和施工质量,使该项技术得到更好的应用和发展。

1.0.2 现浇钢筋混凝土及预应力混凝土空心楼盖结构可用于一般工业与民用建筑物、构筑物。

1.0.3 现浇混凝土空心楼盖是混凝土结构的一种形式,设计计算依据国家现行标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 进行,行业标准《现浇混凝土空心楼盖技术规程》JGJ/T268 根据该结构的特点进一步细化和明确,特别是解决板的正交各向异性的计算问题、正交异性板的内力计算方法问题以及圆孔板横向抗剪问题等。本标准在国家行业标准《现浇混凝土空心楼盖技术规程》JGJ/T 268-2012 的基础上结合《建筑抗震设计规范》GB 50011、《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3,并吸收目前相关研究或工程实践经验,对在使用现浇混凝土空心楼盖多层、高层建筑设计中遇到的问题给出解决方法,确保设计质量。其他常规设计问题,凡现行标准中已有明确规定的,本标准原则上不再重复。

2 术语和符号

2.1 术语

术语是根据本标准内容表达的需要而列出的。其他较常用和重要的术语在相关标准值已有规定,此处不再重复。

2.1.2 现浇混凝土空心楼盖的填充体空心部分不参与结构受力。现浇混凝土空心楼盖包括了混凝土空心楼板和支承梁(暗梁)等所有支承构件。

2.1.4 刚性支承楼盖的楼板只承受竖向荷载,梁的相对抗弯刚度系数 $a_1 l_2 / l_1$ 大于 4 认为刚性支承梁,楼板就可以按四边竖向刚性支承的双向板计算。其中, l_1, l_2 分别为计算方向和垂直于计算方向的跨度; a_1 为梁与板截面抗弯刚度的比值。

2.1.5 梁的相对抗弯刚度系数 $a_1 l_2 / l_1$ 不大于 4 认为柔性支承梁,楼板可按四边竖向柔性支承的双向板计算,本标准给出了这类楼盖的计算方法。其中,柱(柱帽)支承楼盖属柔性支承楼盖一种特例。

2.1.6 埋置于现浇混凝土楼板中,置换部分混凝土以达到减轻结构自重的成孔芯模。填充体可以是实心的,也可以是空心的。填充体包括:管状成型的填充管(tube filler),棒状成型的填充棒(stick filler),箱状成型的填充箱(box filler),球状成型的填充球(ball filler)。

2.1.10 体积空心率只是表明了填充体占的体积,由于填充体有一定重量,因此不能完全表达减轻自重的比率。

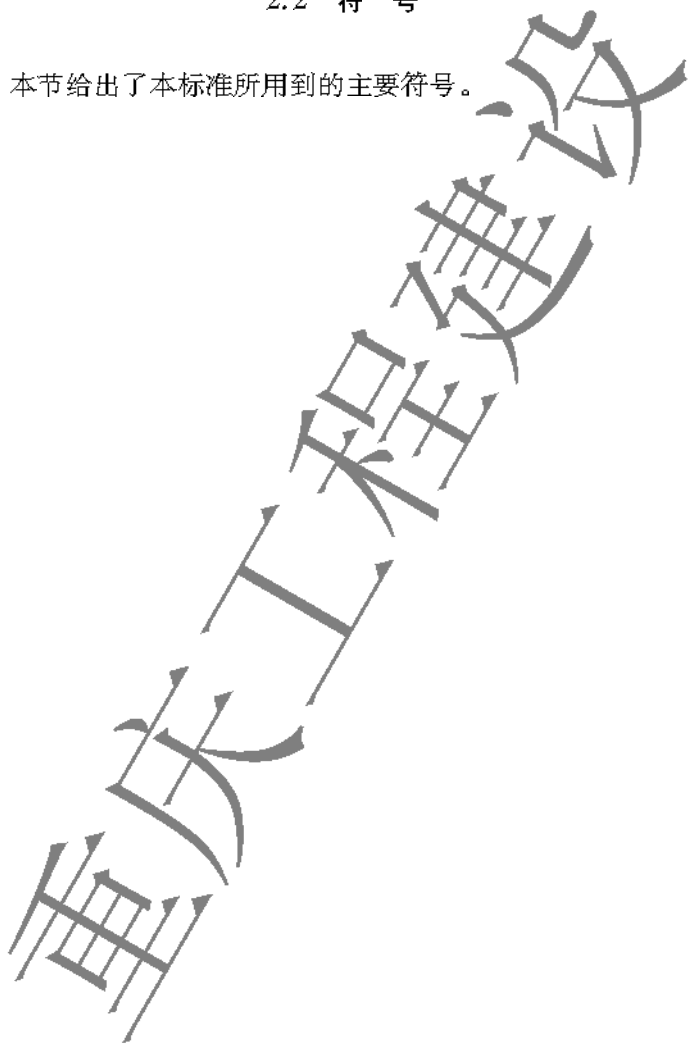
2.1.11 表观密度是衡量填充体自重和占有板内体积的一个宏观量度,体积相同时,数值越小说明越能减轻自重。

2.1.15~2.1.18 给出了现浇混凝土空心楼盖的几种计算方法

的定义。

2.2 符 号

本节给出了本标准所用到的主要符号。



3 材 料

3.1 混凝土及普通钢筋

- 3.1.1 对现浇混凝土空心楼盖的最低混凝土强度等级作了规定。
- 3.1.2 提倡采用 HRB400 级及以上强度较高的钢筋作为主受力钢筋。

3.2 预应力筋及锚固系统

- 3.2.1 公称直径 15.2mm 的低松弛钢绞线是我国目前预应力混凝土结构中应用最广的预应力筋,优先采用高强低松弛预应力钢绞线对于工程设计和施工都是有利的。
- 3.2.2 说明了结构可采用的预应力体系类别。近年来缓粘结预应力技术在不断推广应用,对于柔性支承的空心楼盖,由于楼盖参与了结构抗震,而无粘结预应力混凝土结构延性比不上有粘结预应力混凝土结构,有粘结预应力技术在楼板中应用存在波纹管成群锚布置困难等施工缺陷,而采用缓粘结预应力体系既可以提高抗震性能、又便于施工,因此,柔性支承的现浇混凝土空心楼盖可以优先采用缓粘结预应力技术。
- 3.2.3 明确了预应力筋锚固系统应遵循的有关标准。

3.3 填充体

- 3.3.1 为贯彻国家适用、经济、绿色、美观的建筑方针。选用轻质、强度高、低破损率的填充体和节能环保的的材料,能减少材料

水平和垂直运输量,加快工程进度,降低工人劳动强度,保证工程质量,同时能大量减少社会资源和能源的消耗。

3.3.2 填充体在正常使用环境下不应产生有损人身健康及环境的有害成分,火灾时按防火等级要求时间内不得产生析出楼板的有毒气体。由于很多一次性使用的填充体利用废旧回收物作为原材料,材料成分良莠掺杂,可能对人体健康产生危害,因此结合《混凝土结构用成孔芯模》JC/T352 的要求,对埋置于混凝土楼板中一次性使用的有机材质填充体作出相关限制,对材质的防火要求、燃烧性能和构件的耐火极限作出要求,并要求做相关的检测并提交检测报告。

对填充体的有害物质含量、火灾时的形态等均作了规定,考虑填充体可能含有对结构和对人体健康有害成分,尤其是氯离子含量应符合国家现行标准《混凝土结构设计规范》GB50010 的要求,放射性核素的限量应符合国家现行标准《建筑材料放射性核素限量》GB6566 的要求。

3.3.3~3.3.4 对填充管、填充棒及填充箱的规格、尺寸作了具体的规定,填充棒断面也可以不为圆形,此时,D取断面的最大尺寸。

内部为空腔的填充体表面应平整,应具有可靠的密封性,无明显贯通性裂缝、孔洞和镂空网眼,且不得有非功能性孔洞和影响楼盖混凝土成型的其他缺陷,表面的裂缝、孔洞和镂空网眼会导致混凝土漏浆进入空腔内,影响混凝土质量和楼板强度。当一个填充体由两个或以上填充管、棒、箱组合而成时,相互之间必须有可靠的固定连接措施,使各部件之间结合紧密,防止发生脱落、错位和滑移而导致混凝土灌入空腔内,固定连接措施可以采用绑扎、码钉钉牢等方法,表观密度 350kg 以上重型填充体也可以利用材料自重结合部位设企口咬合紧密,企口高度和宽度不应小于 20mm。

3.3.5 规定了填充体的物理化学及力学性能。局部抗压面荷载

主要为了防止施工中填充体上站人等造成破坏；国标中对氯化物和碱的总含量、放射性核素的限量提出了要求，本条补充了检测指标要求；对充气芯模填充体补充了指标要求，由于其为完全密闭的腔体，不进水，韧性和强度高，物理化学力学性能检测气压和抗振动冲击。

部分无机材质填充体自然吸水率在 15%-30% 之间，远高于不大于 5% 的国家标准。这些无机填充体在现浇混凝土浇捣和养护的过程中，会与混凝土抢水，削弱楼板的成型强度。如确需采用自然吸水率高于 5% 的填充体制品，应对填充体采取可靠技术措施，以防止其与混凝土抢水，并阻断材料中的无机盐结晶体泛霜至楼板表面。对采用高性能防水防泛霜材质的填充体或者采用防水剂表面处理的填充体仍应满足自然吸水率不得大于 5% 的要求。

3.3.6 对填充体作了下部倒角的规定，根据实际工程现场情况，下部倒角有利于混凝土浇筑时更顺畅的流入填充体下部，有利于底板混凝土的密实。

4 场地与地基

4.1 一般规定

4.1.2 建筑场地抗震地段的划分见国家现行标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 相关规定。

4.1.3 因建设用地日趋紧张,必要时有可能选择有不良地质现象的地段作为建筑场地,这时应对不良地质进行可靠的防治。滑坡防治措施有:地表排水、地下排水、减重、反压、抗滑桩、抗滑键、锚拉桩等。危岩崩塌防治措施有:支撑、锚固、充填灌浆、清除、拦石墙(堤)、拦石网、防护网等。泥石流防治措施有:控制水源的治水工程,如排水渠、泄洪沟等。控制土石源的治土工程,如拦渣坝、挡土墙等。排导工程如导流堤(坝)、排导槽等。岩溶、土洞、采空区可能引起的塌陷防治措施有:充填、灌浆、洞底支撑、洞内衬砌、跨越及桩基穿越等。

4.1.4 边坡上的建筑因地基一侧临空,相应地基承载力有可能降低。因此,基础工程设计时不仅应进行边坡稳定性验算,还应进行边坡地基承载力验算。其验算方法可参照重庆市工程建设标准《建筑地基基础设计规范》DBJ50-047-2016 相关规定。

4.2 场地

4.2.1 对场地类别的划分进行了规定,并对不同类型的覆盖层厚度作了规定。原则上按最不利情况划分,取抗震评价单元内最大覆盖层厚度作为场地类别判定覆盖层厚度的依据。当局部覆盖层厚度超过国家现行标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 相关规定的界线值时,可按下列原则执行:跨越两个建筑场地类别时,

局部土层厚度较高类别区平面面积超过总面积的5%、覆盖层厚度大于场地类别相应界限值的5%，按较高的类别确定，否则可取较低场地类别。

4.2.2 稳定性的验算应符合国家及重庆现行标准的规定，当稳定性不满足要求时，应设置支挡结构等措施。

4.3 地基

4.3.1 根据重庆市大量的成功工程经验，岩石地基时可部分采用天然地基基础部分采用桩基。由于岩石地基刚度大，一般可不考虑不均匀沉降带来的不利影响，故同一建筑物中允许使用多种基础形式，如桩基与独立基础并用，条基、独立基础与桩基并用等，但应根据工程实际情况采用加强上部结构或基础梁等措施，减小不均匀沉降。

4.3.2 压实填土地基包括分层压实、夯实、强夯、强夯置换地基。当填土地基侧向临空，底面坡度大于1:5时应验算其稳定性。填土均匀性主要指处理后压实填土及下卧层未处理填土厚度差异，考虑是否存在不均匀沉降，必要时采取处理措施。填土密实性、压缩性决定填土地基处理方法，如填料细粒成分含量或含水量高，则填土压缩性高，或填土极松散、密实性差则采用强夯置换处理。未经处理、密实性差的下卧填土存在自重沉降，应引起重视。位于河岸边或有地下水的填土地段应充分考虑压实地基以下未经处理的填土遇水湿陷沉降，经历几个水文年后，湿陷性可消失。填料对基础有腐蚀性的不应作为压实地基。考虑到压实填土以上几个因素，加强基础及上部结构刚度是必要的。

4.3.3 在岩石地基中软、硬岩相间出现很常见，导致地基中存在软弱下卧层，因此，为安全合理的利用地基，应验算软弱下卧层地基的承载力。

4.3.4 在重庆的岩石地基中，平面或竖向岩体层状交替分布特

性十分普遍。其岩体的弹性模量、承载力特征值、泊松比等主要力学指标差距很大,有时岩层间遇到软弱夹层时,对地基主要受力层范围的地基承载力影响较为明显,有时岩层间存在一定厚度的极破碎夹层(类似于土的特性)甚至应充分考虑地基变形的影响。

重庆工程學院

5 结构设计基本规定

5.1 一般规定

5.1.2 刚性支承空心楼盖用于高层建筑时,结构布置及框架梁、梁柱节点的性能应达到国家现行标准《建筑抗震设计规范》GB 50011、《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ3 普通框架梁的各项要求。

5.1.3 降低柔性支承楼盖框架结构中的框架柱轴压比限值,是为了保证框架柱的塑性变形能力和框架的抗倒塌能力,实现“强柱弱梁”破坏机制。多次地震表明扭转对结构抗震不利,本条对柔性支承楼盖结构的扭转规则性提出更为严格的要求。

5.1.4 考虑到掉层结构的不规则性给结构带来不利影响,在采用振型分解反应谱法时,将振型参与质量之和占总质量的比例由 90% 提高到 95%。

5.2 房屋适用高度

5.2.2 空心楼盖的楼板厚度普通梁板结构的实心板厚度大,考虑空心楼盖对框架柔性梁刚度有较大贡献,甚至接近普通框架梁。国家现行标准《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3 要求框架梁高跨比在 $1/8 \sim 1/18$, 相比较于国外规范偏严格,在高规条文说明中,明确当设计人确有可靠依据且工程上有需要时,梁的高跨比也可小于 $1/18$ 。当布置在柱与柱、墙之间的框架柔性梁接近普通梁、结构布置和节点抗震性能满足国家现行标准《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ3 和《建筑抗震设计规范》GB 50011 的规定时,在国家现行标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 基础上

适当降低最大适用高度。

5.3 房屋抗震等级

5.3.1~5.3.3 根据国家现行标准《建筑抗震设计规范》GB 50011,对空心楼盖楼盖的不同结构类型的抗震等级作了规定。经大量算例分析,框架柔性梁厚跨比达到 $1/25\sim 1/22$ 时,结构抗震性能略有降低,因此在国家现行标准《建筑抗震设计规范》GB 50011基础上抗震等级控制水平略为提高。

5.5 空心楼盖结构布置要求

5.5.1~5.5.5 对于结构布置应符合国家及重庆现行规范的要求。

现浇混凝土空心楼盖为双向板时,内力与两个方向的刚度比例有关,如果双向布置不对称,两个方向刚度不同,需要用正交异性板理论去求弹性内力。对于对称布置的内置填充体空心板,可根据截面惯性矩等效为各向同性板计算。

楼板的空心截面不利于承受较大的集中荷载。在承受较大的集中静力荷载的部位,宜采用实心楼板或采取有效的局部加强构造措施。对于承受较大的集中动力荷载的部位(如较大机械设备等)的楼板区域,应采用实心楼板。施工中设备预埋线管应尽量分散布置,较为集中处可采用实心板或加厚相应的顶板(底板)。

6 结构分析方法

6.1 一般规定

6.1.5~6.1.9 规定了现浇混凝土空心楼盖结构分析原则和每种楼盖所采用的计算方法。

6.2 拟板法

6.2.1 规定了现浇混凝土空心楼板采用拟板法的条件。

6.2.2 给出了单向板和双向板的划分原则。

6.2.3 现浇混凝土空心楼板可以采用拟板法计算,各向同性板需要的参数是板厚、弹性模量和泊松比,第1款给出了弹性模量计算方法,泊松比不变。

对于正交各向异性板,需要的参数除了板厚外,还有两个正交方向上的弹性模量、泊松比,以及剪变模量。第2款给出了内置填充体形成的空心楼板力学参数计算方法。对于填充管(棒)圆截面填充体空心楼板,等效为正交异性板时顺管(棒)方向弹性模量比横向大,顺向的泊松比近似按混凝土泊松比取值,因此,有公式(6.2.3-4)。上、下表面封闭的空心楼板等效为正交异性板后剪变模量可以按公式(6.2.3-6)计算。

对于内置填充体空心板,两个方向刚度相同或相差不大时可以按各向同性板计算;当两个方向刚度不同时宜按正交异性板理论计算,本节给出了正交各向异性板的所有力学参数的计算方法。

6.2.4 内置填充体空心板可以等效为各向同性板计算,方法见本标准附录C。

6.2.5 刚性支承楼盖按拟板法计算出的是板内最大弯矩值,本条参考了现行协会标准《现浇混凝土空心楼盖结构技术规程》CECS 175 的有关规定将一跨板分为三个区域,给出了各区域配筋的正弯矩控制值,与全跨采用最大弯矩控制配筋相比,有效节省钢筋用量。

6.3 拟梁法

6.3.1~6.3.2 本节给出了采用拟梁法计算的条件和计算方法。每个方向拟梁不少于 5 根可以更接近于板的受力,并且要考虑梁的抗扭刚度。对于填充体为填充管和填充棒的空心板,可以通过板的正交各向异性确定的刚度换算为梁的刚度,进而在拟梁中考虑板的正交各向异性。

6.4 经验系数法

6.4.1 经验系数法参考了美国 ACI318 规范的相关规定。柔性支承楼盖如满足本条限制条件,可采用经验系数法进行竖向均布荷载作用下的内力分析。第 1 款的限制主要是保证楼板的双向受力。第 2 款的限制主要是由于经验系数法假定楼盖的第一内支座既非嵌固,也非简支,如果结构只有两个连续跨,则中支座负弯矩值不满足假定。第 3 款的限制是为保证楼板支座负弯矩分布不超过钢筋切断点。第 4 款给出了柱子相对规则柱网的偏移限制。第 5 款的限制是由于经验系数法是在均布重力荷载试验的基础上得出的,大多数情况下,可变荷载与永久荷载比值不超过 2,就可以不计荷载形式的影响。第 6 款给出了经验系数法的应用方法。第 7 款的限制是为保证楼盖弹性弯矩的分布符合经验系数法的假定,当超出该限制时,楼盖弹性弯矩的分布将发生显著变化。

6.4.2 对于柔性支承楼盖,计算梁的截面惯性矩时应考虑楼板的翼缘作用。中间梁可按 T 形,边梁按倒 L 形截面计算。如图 1 所示:

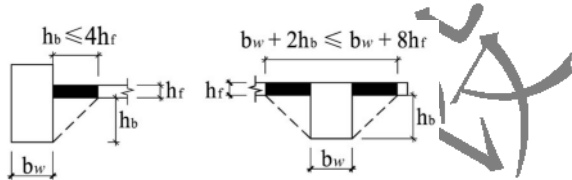


图 1 楼板翼缘作用示意

6.4.3 楼板的截面惯性矩主要用于 α 和 β_r 的计算,其计算宽度取为计算板带的宽度,对柔性支承楼盖,不包括梁在楼板上、下凸出部分的截面。

当内模为筒芯时,由于正交各向异性,应区分顺筒方向和横筒方向分别计算。公式均由楼板实心区域和空心区域两个部分组成。

6.4.5 总弯矩设计值 M_0 的计算公式中,假定支座反力作用于与计算方向垂直的柱或柱帽的侧面,因此计算跨度取为净跨。计算净跨时,对于矩形或方形截面柱按实际柱侧面位置确定,对于圆形、正多边形等形状可按面积相等的方形截面确定。如图 2 所示:

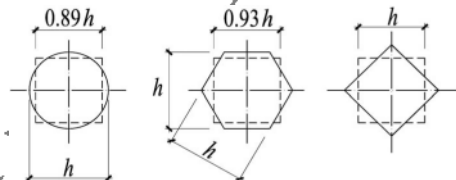


图 2 支座等效截面

6.4.6 负弯矩的计算截面为支座侧面,见 6.4.5 条条文说明;正弯矩的计算截面为跨中。

对于楼盖端跨,各控制截面弯矩按表 6.4.6 中系数确定。表中系数基于等效支座刚度原则确定。表中除了简支与嵌固两种情况之外,正弯矩和内支座负弯矩的系数取值接近于变化范围的上限,边支座负弯矩接近于变化范围的下限,这主要是由于多数

情况下,边支座负弯矩所需配筋很少,通常按裂缝控制采用构造配筋。表中系数除符合上述原则外,还进行了适当调整,以保证正弯矩与负弯矩平均值绝对值之和等于 M_0 。

支座截面设计时应考虑支座两侧板弯矩的差异。对不平衡弯矩进行再分配时,构件抗弯刚度可按混凝土毛截面计取。垂直于板边或边梁的弯矩应传给柱或墙支座,设计板边和边梁时应考虑该弯矩引起的扭转应力。

6.4.7 对于承受竖向均布荷载的柔性支承楼盖,设计时可认为控制截面弯矩分别在柱上板带和跨中板带内均匀分布。表 6.4.7 中的分配系数为柱上板带承担弯矩占计算板带弯矩的比值。

6.4.8 边支座负弯矩分配时,应考虑截面抗扭刚度系数 β_t 的影响,当梁的抗扭刚度相对于被支承板的抗弯刚度很小时,即 $\beta_t = 0$ 时,可认为全部边支座负弯矩由柱上板带承担,跨中板带按最小配筋率配筋即可;当梁的抗扭刚度相对于被支承板的抗弯刚度不可忽略时,可按表中系数线性内插确定柱上板带弯矩分配系数。 β_t 的计算公式中,混凝土的剪切模量根据《混凝土结构设计规范》GB 50010 取为其弹性模量的 1/2.5。

当支座为沿柱轴线布置的墙体时,可以认为是很刚性的梁,其 $0 \leq a_1 b_2 / b_1 < 1.0$ 。当边支座由垂直于计算方向的墙体组成,如果为抗扭刚度很低的砌体墙体,应取 $\beta_t = 0$,如果为抗扭刚度很大的混凝土墙体,应取 $\beta_t = 2.0$ 。

6.4.9 对于柔性支承楼盖,柱上板带中楼板所承担的弯矩尚应减去由梁承担的弯矩。直接作用于梁上的荷载是指作用于梁腹板宽度范围内的荷载,其中线荷载包括梁上的隔墙自重和梁在板上、下凸出部分的自重,集中荷载包括梁上的立柱或梁下的吊重。

6.4.10 对于与支承在墙体上的柱上板带相邻的跨中板带,由于墙的截面刚度较大,与墙相邻的半个跨中板带从计算板带中分配到的弯矩较少,为保证跨中板带的承载能力,要求整个跨中板带承受远离墙体的半个跨中板带弯矩设计值的两倍。

6.4.11 柔性支承楼盖应验算梁的受剪承载力。当 $a_1 l_2 / l_1 \geq 1.0$ 时,梁承担其从属面积内的全部设计剪力;当 $0 \leq a_1 l_2 / l_1 < 1.0$ 时,梁所承担的设计剪力按本条第 2 款计算,剩余的剪力由板承担,此时还应验算板的抗冲切承载力。

6.5 等代框架法

6.5.1 采用等代框架法进行内力分析时,在竖向均布荷载作用下,每个计算方向的等代框架均为以柱轴线为中心的连续平面框架。在水平地震荷载作用下,地震作用计算应考虑楼盖的全部永久荷载和可变荷载组合值,且应符合国家现行标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的有关规定。

6.5.2 在竖向荷载作用下,等代框架梁的计算宽度与经验系数法计算板带宽度相同;在水平荷载或地震作用下,等代框架梁的计算宽度较小,这是由于在水平荷载或地震作用下,主要通过柱的弯曲把水平荷载或地震作用传给板带,而能与柱一起工作的板带宽度较小。

6.5.3 等代框架梁抗弯惯性矩的计算原则与本标准第 6.4.3 条基本相同,主要区别在于第 6.4.3 条实心部分惯性矩的计算仅指楼板,而本条包括梁。

6.5.4 规定了用于计算等代框架梁在支座节点区宽度范围内的截面惯性矩,支座节点区可以是柱、柱帽、托板和墙。

6.5.5、6.5.6 对柔性支承楼盖,当无柱帽时,等代框架柱的计算高度从下层楼板中心线到上层楼板中心线,当有柱帽时,该计算高度应考虑柱帽的刚域作用进行折减,该折减系数参考国家现行标准《钢筋混凝土升板结构技术规范》GB J130 相关规定确定。等代框架柱的计算高度应考虑梁对柱的刚度提高作用进行折减。竖向荷载作用下,宜考虑柱及柱两侧抗扭构件的影响按等效柱计算刚度,由于抗扭构件的存在,减少了柱弯矩的分配,等效柱的柔

度为柱柔度和两侧横向抗扭构件柔度之和,由此可确定等效柱的转动刚度计算公式。

6.5.7 本条抗扭构件刚度的计算公式中抗扭常数 C 的计算同本标准第 6.4.8 条。式(6.5.7-1)为根据三维楼盖变参数分析得出的近似计算公式,该公式假定扭矩沿受扭构件呈线性分布,在支座中心处最大,在跨中处为 0。增大系数 β_0 为考虑横向梁影响的增大系数。

6.5.8 规定了采用等代框架法分析时的弯矩控制截面,支座侧面位置可参考第 6.4.5 条文说明确定。对于有柱帽的边跨支座,按本条规定可避免边支座弯矩折减过多。

7 结构构件计算

7.1 一般规定

7.1.1 空心楼板的承载力和抗裂验算均是在满足国家现行标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的基础上进行的。

7.1.2 由于肋中一般不配箍筋,因此,控制受压区高度在受压翼缘内。本标准中将填充体上、下混凝土截面板称为翼缘,以便在将截面计算单元按 I 形面计算时统一。

7.1.3 给出了预应力混凝土楼盖承载力极限状态计算和正常使用极限状态验算时,预应力作为荷载效应的考虑方法。

7.1.4 给出了预应力混凝土空心楼盖在进行承载力计算和抗裂验算时次内力考虑方法。

7.2 设计计算原则

7.2.1~7.2.2 给出了空心楼盖按承载力极限状态验算的统一公式和正常使用极限状态验算的统一公式。

7.3 承载力极限状态计算

7.3.1 刚性支承楼盖的水平荷载效应由刚性支承构件承受,板的承载力计算可仅考虑竖向荷载组合的作用效应。

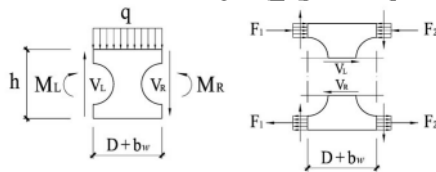
7.3.2 柔性支承楼盖柱上板带的承载力计算应考虑水平荷载效应与竖向荷载效应的组合,跨中板带可仅考虑竖向荷载效应的组合。

7.3.3、7.3.4 空心楼盖的正截面受弯承载力和斜截面受剪承载

力按国家现行标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 相关章节计算。

7.3.5 空心楼板的抗剪设计是区别于普通实心板的重要部分，顺孔方向的抗剪可参照国家现行标准《混凝土结构设计规范》GB50010 中 I 形截面受弯构件斜截面受剪承载力计算公式，也就是本节公式(7.3.5-1)。

横孔方向的抗剪比较复杂，在肋宽较大而上、下翼缘较小时，上、下翼缘会先于肋发生剪切破坏。在正弯矩区上翼缘是压剪受力，下翼缘是拉剪受力，拉剪翼缘抗剪承载力降低，压剪翼缘抗剪承载力提高，总体上可以认为整个截面抗剪承载力基本不变，可得到公式(7.3.5-2)、(7.3.5-3)。



(a)计算单元隔离体 (b)计算单元上、下分开隔离体

图3 横孔方向受力图

取图 3(a)计算单元隔离体，纵向宽度为 b ，左、右弯矩和剪力之间的关系为下式：

$$M_R - M_L = (b_w + D)V \quad (1)$$

式中： V 剪力设计值，取 $V = V_L - 0.5(b_w + D)bq$ ，由于 V_L 和 V 相差不大，可取最大剪力进行计算。

取图 3(b)上、下隔离体，左侧弯矩与上、下翼缘轴力之间的关系为下式：

$$F_1 \cong \frac{M_L}{0.5(h + D)} \quad (2)$$

右侧弯矩与上、下翼缘轴力之间的关系为下式：

$$F_2 \cong \frac{M_R}{0.5(h + D)} \quad (3)$$

由于 F_1 与 F_2 不相等，因此，肋在横向存在剪力 V_x ，其大

小为:

$$V_x = F_2 - F_1 \quad (4)$$

$$V_x \cong \frac{(b_w + D)}{0.5(h + D)} V \quad (5)$$

由于肋的宽度 b_w 较小, 试验研究表明, 这个剪力是造成空心板横孔方向剪切破坏的原因, 按照国家现行标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定:

$$V_x \cong \frac{(b_w + D)}{0.5(h + D)} V \leq 0.7b_w f_c \quad (6)$$

因为肋内一般不配钢筋, 肋的横向抗剪为素混凝土抗剪, 根据试验研究并参考美国《ACI318M-05》将系数 0.7 调整为 0.5, 得到公式:

$$\frac{(b_w + D)}{0.5(h + D)} V \leq 0.5b_w f_c \quad (7)$$

进而得到(7.3.5-3)。

7.4 正常使用极限状态验算

7.4.1 空心楼盖挠度控制大小与普通混凝土楼盖及预应力混凝土楼盖相同。

7.4.2 空心楼盖挠度计算时采用的刚度应该考虑空心效应。

7.4.3 裂缝控制遵守国家现行标准《混凝土结构设计规范》GB 50010、《无粘结预应力混凝土结构技术规程》JGJ 92 和《缓粘结预应力混凝土结构技术规程》JGJ 387 的有关规定。

7.4.4 楼盖竖向自振频率可以采用弹性动力分析获得。

7.5 节点计算

7.5.3 由于垂直地震作用或风荷载作用下容易导致框架柔性梁端处于弯矩 M 、剪力 V 、和扭矩 T 共同作用, 因此对其截面做

了限制。截面配筋可按柔性梁端柱边处弯矩 M 、剪力 V 和扭矩 T 分别算得的纵向受拉钢筋和箍筋截面面积叠加后确定。平行地震或风荷载作用下方向的框架柔性梁端处于弯矩 M 和剪力 V 共同作用,其截面限制条件及承载力可按普通框架梁的方法计算。

7.5.4 以 y 向框架柔性梁与柱的连接为例, x 向工字型截面框架柔性梁的弯矩一部分通过柱宽范围的肋梁直接传递给柱,柱宽范围外等代框架柔性梁的弯矩先传到 y 方向框架柔性梁上,在 y 方向框架柔性梁上产生一个等同该弯矩的扭矩,通过此扭矩 x 向工字型截面框架柔性梁的弯矩可有效传递给柱。

8 构造要求

8.1 一般规定

8.1.1 定义了现浇混凝土空心楼盖能发挥受力及构造最佳状态的空心率,空心率太低则不经济,空心率太高则整体性能有所下降,当填充体为管、棒时双向刚度差异还会变大,施工也有所不便。体积空心率宜以一个楼板区格为计算单元,见本标准附录 B。

8.1.3 空心楼板的刚度比等厚度的实心板刚度略小,但重量更轻,厚度一般比相同跨度的实心板取值稍大即可,刚性支承空心楼板最小厚度不宜小于 200mm,柔性支承空心楼板最小厚度不宜小于 300mm。否则空心率及其他构造难以满足。空心率随板厚增加而增大,故无特殊要求或当荷载较大时建议取适当厚一些。

填充体成形的现浇混凝土空心楼板,当按整板考虑计算时,受压区高度应控制在实心翼缘内,同时考虑受力筋的保护层厚度,确定最小厚度不宜小于 50 mm。

8.1.4 肋宽的取值应根据剪力计算确定,同时考虑混凝土的浇筑及施工的方便,确定最小肋宽。

8.1.6 垂直管方向设肋可传递该方向的剪力,增强空心楼板的双向受力性能。

8.1.7 考虑受力钢筋需要一定的混凝土握裹,与填充体的净距离不应小于 10mm。

8.1.8 由于现浇混凝土空心楼板的空腔通常都不是连续布置,楼板断面会随截面位置不同而不同,式(8.1.8-1)根据混凝土空心楼板的开裂弯矩与最小配筋的承载力相同确定。对于预应力空心板,非预应力筋的最低配筋率是为了避免在设计的使用荷载下抗裂性弱的一方突然出现过大的裂缝宽度(超过国家现行标准

《混凝土结构设计规范》GB 50010 规定的正常使用极限状态裂缝宽度限值)和长度,导致不能正常使用。因为规范没有规定双向的空心板必须双向都配置预应力筋使其抗裂度相同,没有规定其两个方向都要作抗裂设计,也没有提供双向裂缝宽度的计算方法。当正交异性空心板的内力分析和实际构造不一致时,更为严重,故对填充体为管和棒的空心板补充这条规定。

8.1.9 结合国家现行标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 规定并根据工程经验用于确定楼板角部抵抗应力集中的钢筋。

8.1.10 给出了现浇混凝土空心楼板遇到洞口时的处理方法。

8.1.11 当空心楼板板底有不小于 50mm 的实心混凝土层,故吊挂点可设置于任意位置;较重物体吊挂点仍需设置于现浇混凝土肋梁下。

8.1.12 当空心楼盖需设置后浇带时,后浇带内填充体两侧的肋宽不宜小于 200 mm,以方便施工。

8.1.13~8.1.15 根据国家现行标准《建筑抗震设计规范》GB 50011、《地下工程防水技术规范》GB 50108 及《人民防空地下室设计规范》GB 50038 的有关条文并结合重庆的实际工程案例制定的。由于空心楼板存在空腔顶板开裂后在空腔内积水的可能性,因而对外防水层要求较高,同时宜适当加厚空腔顶板,以避免渗水。

地下室楼盖作为上部结构的嵌固部位时,其他要求按国家现行标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 和《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ3 中的有关规定。

8.2 柔性支承楼盖

8.2.2 为满足抗震要求,对柔性支承梁的宽度和高度作了一定的限制。

8.2.3 为了加强空心楼板框架柔性梁-柱节点,在柱(柱帽)周边

设置实心区区域,是保证厚空心板结构具有框架性能的关键。分析表明,在水平作用下,框架柔性梁与其侧第一条肋梁受力最大,框架柔性梁不仅承受自身的弯矩、剪力还承受与其相交的边肋的不平衡弯矩产生的扭矩,并将该扭矩传给柱。在水平作用下框架柔性梁承担的弯矩最大,框架柔性梁边的第一条肋梁受力次之,其余肋梁承担的弯矩较小。本节条款,规定实心区,确保满足强节点弱构件要求。

8.2.4 框架柔性梁承担全部剪力时,柱边冲切不起决定作用,但柱周边仍建议设置一定范围实心区域。

8.2.4~8.2.7 对框架柔性梁的纵筋布置方式、纵向受力钢筋最小配筋率、腰筋的最小直径、穿过柱子的最小总纵筋率作了规定。

8.2.8 由于柔性梁梁高较小,2倍梁高的箍筋加密区长度已不满足设计要求。对框架柔性梁拉结直径、箍筋加密区长度、箍筋肢距等作了规定。

8.3 节点构造

8.3.1 依据国家现行标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 中对框架梁的规定,对梁纵向受力钢筋锚固、搭接、顶面贯通作了规定。

8.3.3~8.3.4 根据参考文献“宽扁梁设计建议”(建筑结构 1992 年 2 月第 2 期,傅学怡),目前工程经验及有限元分析结果制定。

8.3.5 参照国家现行标准《混凝土结构设计规范》GB50010、《建筑抗震设计规范》GB50011 相关条款。

9 施工及验收

9.1 施工

9.1.2 在混凝土浇筑时,现浇空心楼盖中的填充体在混凝土及振捣器作用下会产生上浮、水平漂移,导致楼盖截面尺寸与设计要求不符,因此施工方案中必须采取相应的技术措施。填充体抗浮锚固用拉丝(筋)的规格、间距等必须经计算确定,抗浮锚固拉丝(筋)的布置位置应便于同支模系统的木龙骨、模板或钢架管绑牢拉紧。防止填充体上浮及水平漂移应采用可靠的措施对填充体进行垂直和水平方向的定位,其布置位置和传力应合理可靠,在混凝土及振捣器作用下不会损坏填充体。

9.1.3 施工技术方案的应将预留预埋、钢筋安装和填充体安装的配合方案予以明确。施工时应视预留预埋设施所在部位,与钢筋及填充体安装相互配合,穿插或同步进行,避免预留预埋工序介入时间滞后而造成施工困难或损坏填充体。

外径(或截面边长)不大于 30mm 的预留预埋管线对楼盖截面削弱不大,可水平布置在框架梁、柱帽、肋等结构截面内。由于外径(或截面边长)大于 30mm 的预留预埋管线或管线密集部位会对楼盖截面削弱较大,从而影响楼板结构受力性能,可采用对填充体开孔、断开等措施,让较大尺寸的预留预埋设施或集中管线埋设于填充体开孔或断开处。由此造成的填充体破损应及时封堵,以避免混凝土进入其空腔内。在管线集中处,也可采用较小尺寸的填充体替换较大尺寸的填充体,让出预埋管线位置,也不会造成楼板截面削弱。现浇混凝土空心楼盖孔腔顶部及底部板厚一般较薄,且又是楼板的关键受力区域,预留预埋设施在其中水平布置将会严重削弱楼板截面,故应避免。

采取铺设施工通道,避免施工操作人员直接在安装好的填充体上踩踏,不将施工机具及材料直接堆放在安装好的填充体上,是防止填充体损坏和移位,保证楼盖施工质量的有效措施之一。

现浇空心楼盖的混凝土粗骨料粒径应兼顾填充体形式、构件截面尺寸、施工设备和施工条件等因素。由于现浇空心楼盖填充体两侧肋宽度和底部板厚尺寸均较小,粗骨料粒径较大时,粗骨料在填充体底部板中流动困难,易造成板底混凝土骨料分布不均匀,故规定现浇空心楼盖混凝土粗骨料最大粒径不宜大于 25mm。

现浇混凝土空心楼盖混凝土采用布料机泵送施工有利于提高浇筑效率和质量,避免出现混凝土施工冷缝。混凝土泵管工作时会产生冲击力,泵管在楼面上铺设时采用柔性缓冲支垫(诸如废旧小汽车外胎)架空支承在板面的纵横肋梁交汇处,可以较大程度地缓减泵管对填充体、钢筋及模板的冲击力。布料时,混凝土落差太大,其下落冲击力对填充体、钢筋和模板均不利。

根据重庆地区的气候条件及现场施工经验,混凝土坍落度不宜小于 200mm,可根据气候条件进行适当调整。浇捣混凝土时,振捣器紧贴钢筋、钢筋马凳或填充体振动,会造成钢筋走位或填充体破损,影响工程质量。

为了能及时处理填充体在混凝土中的浮力和振捣器作用下可能会出现上浮、水平漂移或破损等情况,保证现浇混凝土空心楼盖施工质量和施工安全,应安排专人在混凝土浇筑过程中对填充体的定位、抗浮、防水平位移等措施进行观察和维护。

9.2 材料进场验收

9.2.1 对填充体进场验收检验批的划分作了规定,当连续三个检验批填充体产品均一次检验合格时,足以说明其质量比较稳定,可将每个检验批的批量扩大至 10000 件。进场检验时,应注意同一检验批的界定条件和每个检验批中抽样数量的规定。填

充体进场时,应提供产品合格证、产品出厂检验报告等产品质量证明文件。

9.2.2 对填充体的抽样及检验作了规定:填充体进场验收时,除应检查产品质量证明文件外,还应对产品外观质量全数目测检查,并现场随机抽取规定数量的试样检测外观尺寸偏差及物理化学力学性能指标,用于外观尺寸偏差检验的填充体必须外观质量合格,用于物理化学力学性能检验的填充体必须外观质量及尺寸偏差均合格。填充体外观质量不符合本标准规定时,对能够返修的,可在现场修理或退回厂家修理,并经重新验收合格后方可使用;对无法修理的,不得用于工程。

9.2.3 对填充体的质量等级判定规则作了规定:1)本条对填充体尺寸偏差检验方法、复检条件、结果判定及不合格的处理办法等方面进行了相应规定。本条中的“严重超差”是指填充体某项目检验时出现会造成楼板成型后截面尺寸不符合设计要求的尺寸偏差。2)本条对填充体物理化学力学性能指标检验方法、结果判定及复检条件等方面进行了相应规定。

9.2.4 填充体作为现浇混凝土空心楼盖中空心孔隙的成孔材料,其质量对保证现浇空心楼盖质量起着重要的作用,进场时应严格按本标准的有关规定对其质量进行检查验收,并认真记录进场验收结果,及时做好出厂合格证、质量检验报告和进场验收记录整理归档工作。

9.2.5 对本标准中未规定的填充体质量指标项目,当工程需要时,经工程有关各方共同商定后,可进行专项检测。

9.3 工程施工质量验收

9.3.2 根据本条的规定,现浇混凝土空心楼盖中填充体的安装应按模板分项工程的要求进行施工质量控制和验收。填充体安装检验批与普通模板安装检验批的划分方法可取一致,例如均按

楼层、结构缝或施工段划分。根据具体情况,填充体安装检验批可与普通模板安装检验批一同验收,也可单独验收。与普通模板分项工程一样,填充体的安装不参与混凝土结构子分部工程的验收。

9.3.3 填充体为模板工程的组成部分,其安装验收宜归入模板分项工程验收,不参与混凝土结构子分部工程的验收评定。

9.3.4 国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50204 相关规定的文件和记录反映在从基本的检验批开始,贯彻于整个施工过程的质量控制结果,落实了过程控制的基本原则,是确保工程质量的重要证据。

附录 D 空心楼盖截面特性

D.0.1 对于具有一定刚度的实心填充体,填充体在理论上会参与楼板的受力。经过计算分析,填充体弹性模量要达到混凝土弹性模量的 10%以上才有明显的效果,而目前采用的实心填充体都未达到这个数值,因此,暂时不考虑填充体与混凝土共同受力的复合作用。本节给出了将内置填充体空心楼板的计算单元分别简化为 I 形截面计算单元,可以得到计算单元的截面积和截面惯性矩。

D.0.2 对于单向布置的圆截面填充体形成的空心楼板,纵向满足平截面假定,可以直接计算截面积和截面惯性矩。空心楼板横向不能满足平截面假定,因此不能直接得到受压时等效的截面积和抗弯时等效的截面惯性矩,本节是在采用有限元法进行计算分析基础上得到。

重庆工程建设