



CECS 175 : 2004

中国工程建设标准化协会标准

现浇混凝土空心楼盖结构 技术规程

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

中国工程建设标准化协会标准

现浇混凝土空心楼盖结构 技术规程

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

CECS 175 : 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4月1日

前 言

根据中国工程建设标准化协会(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。

现浇混凝土空心楼盖结构具有自重轻、地震作用小等优点,在跨度较大的公共建筑和住宅建筑中已有较多应用。本规程是在总结我国现浇混凝土空心楼盖结构设计、施工实践经验和研究成果的基础上,参考国内外的相关标准而制定的。在规程编制过程中,开展了各类专题研究,进行了广泛的调查分析,与相关的标准进行了协调,广泛征求了有关专家的意见,对主要问题进行了反复论证,并进行了试设计和工程试点工作,最后经审查定稿。

本规程包括总则、术语和符号、内模、结构分析、设计规定、构造要求、施工及验收等内容。

根据国家计委计标[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《现浇混凝土空心楼盖结构技术规程》,编号为 CECS 175:2004,推荐给工程设计、施工、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负责解释(北京市北三环东路 30 号,邮编:100013,传真:010-84281347,E-mail:ban@bbn.cn)。在使用过程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: 湖南省立信建材实业有限公司

中南大学土木建筑学院

大连市建筑设计研究院

湖南省第六工程公司

湖南省建筑设计院

北京市建筑工程研究院

深圳市星百胜建筑科技发展有限公司

主要起草人：程志军 王晓锋 白生翔 徐有邻

王本森 杨建军 杨承愷 王立长

李光中 卜明华 钱英欣 傅礼铭

中国工程建设标准化协会

2004 年 12 月 25 日

目 次

1	总 则	(1)
2	术语和符号	(2)
2.1	术语	(2)
2.2	符号	(3)
3	内 模	(5)
3.1	一般规定	(5)
3.2	筒 芯	(5)
3.3	箱体	(6)
4	结构分析	(8)
4.1	一般规定	(8)
4.2	结构分析方法	(8)
4.3	边支承板内力分析	(10)
4.4	拟梁法	(10)
4.5	直接设计法	(11)
4.6	等代框架法	(16)
5	设计规定	(19)
5.1	承载力计算	(19)
5.2	挠度和裂缝控制	(22)
6	构造要求	(24)
6.1	一般规定	(24)
6.2	边支承板楼盖	(26)
6.3	柱支承板楼盖	(26)
7	施工及验收	(29)
7.1	一般规定	(29)

7.2 内模验收	(29)
7.3 施工质量控制	(30)
7.4 空心楼盖结构质量验收	(33)
附录 A 内模进场检验方法	(34)
附录 B 质量验收记录	(38)
本规程用词说明	(40)
附:条文说明	(41)

1 总 则

1.0.1 为了使现浇混凝土空心楼盖结构做到安全适用、技术先进、经济合理、确保质量,制定本规程。

1.0.2 本规程适用于工业与民用房屋中现浇钢筋混凝土和预应力混凝土空心楼盖的设计、施工及验收。

1.0.3 现浇混凝土空心楼盖结构应根据建筑功能要求及材料供应和施工条件,确定设计和施工方案,严格执行质量检查和验收制度。

1.0.4 现浇混凝土空心楼盖结构的设计、施工及验收,除应符合本规程外,尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.1 现浇混凝土空心楼盖 cast-in-situ hollow concrete floor system

按一定规则放置埋入式内模后,经现场浇筑混凝土而在楼板中形成空腔的楼盖。

2.1.2 埋入式内模 embedded filler

埋置在现浇混凝土空心楼盖中用以形成空腔且不取出的筒芯、箱体和筒体、块体的总称。简称内模。

2.1.3 筒芯、筒体 tube filler, cylinder filler

用于现浇混凝土空心楼盖的空心、实心筒形内模。

2.1.4 箱体、块体 box filler, block filler

用于现浇混凝土空心楼盖的空心、实心箱形内模。

2.1.5 体积空心率 volumetric void ratio

楼盖区格板由墙、梁(暗梁)、柱(柱帽)边缘所围的区域内,埋置内模的体积与该区域内结构轮廓体积的比值。

2.1.6 间距 filler spacing

相邻内模中心之间的距离。

2.1.7 肋宽 rib width

相邻内模侧面、端面之间的最小距离。

2.1.8 板顶厚度、板底厚度 minimum concrete depth above filler, minimum concrete depth under filler

空心楼板中内模表面至板顶、板底的最小距离。

2.1.9 边支承板 edge-supported slab

由墙或刚性梁支承的楼板。

2.1.10 柱支承板 column-supported slab

由柱支承的沿柱轴线无梁或带柔性梁的楼板。

2.1.11 柱上板带 column strip

柱支承板楼盖中,在柱中心线两侧各 $1/4$ 板跨(取两个方向柱中心距的较小者)宽度范围内的板带。

2.1.12 跨中板带 middle strip

柱支承板楼盖中,相邻柱上板带之间的板带。也称中间板带。

2.1.13 拟梁法 analogue cross beam method

将柱支承板楼盖等代成双向交叉梁系进行内力分析的简化方法。

2.1.14 直接设计法 direct design method

在两个方向将柱支承板楼盖各区格板的弯矩设计值在控制截面按弯矩系数直接分配的内力分析简化方法。也称弯矩系数法。

2.1.15 等代框架法 equivalent frame method

在两个方向将柱支承板楼盖结构等效成以柱轴线为中心的连续框架分别进行内力分析的简化方法。

2.2 符 号

2.2.1 作用、作用效应和抗力

V ——规定宽度范围内的剪力设计值;

V_p ——预应力空心楼板中,规定宽度范围内由于施加预应力所提高的受剪承载力设计值;

N_G ——在该层楼板重力荷载代表值作用下的柱轴向压力设计值;

$F_{l,eq}$ ——楼盖结构等效集中反力设计值;

F_{lv} ——受冲切承载力设计值;

M_0 ——计算板带在计算方向一跨内的总弯矩设计值;

M_{unb} ——不平衡弯矩设计值。

2.2.2 几何参数

D ——筒芯外径；

l_c ——筒芯长度；

b_w ——顺筒肋宽；

b ——计算板带或等代框架梁的宽度；

h_s ——楼板厚度；

h_0 ——楼板截面有效高度；

H_v ——柱的计算长度；

s_1, s_2 ——内模为筒芯时，顺筒方向、横筒方向拟梁的宽度；

l_1, l_2 ——柱支承板楼盖区格板计算方向、垂直于计算方向轴线到轴线的跨度；

l_n ——计算方向区格板净跨；

I_b ——梁的截面抗弯惯性矩；

I_t ——构件的截面抗扭惯性矩；

I_s ——楼板的截面抗弯惯性矩；

I_c ——柱的截面抗弯惯性矩；

I_{bc} ——等代框架梁的截面抗弯惯性矩；

K_c ——柱的转动刚度；

K_{cc} ——等代框架柱的转动刚度；

K_t ——柱两侧横向构件的截面抗扭刚度。

2.2.3 计算系数

α_1, α_2 ——计算方向、垂直于计算方向梁与板截面抗弯刚度的比值；

β_1 ——计算板带端支座处边梁的截面抗扭刚度与板截面抗弯刚度的比值；

β_0 ——柱两侧横向构件的抗扭刚度增大系数；

β_v ——受剪计算系数；

γ ——内横为筒芯时，横筒方向拟梁抗弯刚度计算系数。

3 内 模

3.1 一 般 规 定

3.1.1 用于现浇混凝土空心楼盖的内模,除应满足规格尺寸和外观质量的要求外,尚应具有符合施工要求的物理力学性能。

3.1.2 内模材料中氯化物和碱的含量应符合现行有关标准的规定,且不应含有影响环境和人身健康的有害成分。

3.1.3 内模可采用空心的筒芯、箱体,也可采用轻质实心的筒体、块体。

3.1.4 实心筒体、实心块体等内模的质量应符合有关产品标准的要求。

3.2 筒 芯

3.2.1 筒芯的外径和长度应由设计确定。

筒芯的外径 $D(\text{mm})$ 可取 100、120、150、180、200、220、250、280、300、350、400、450、500;筒芯的长度 $L(\text{mm})$ 可取 500、1000、1500、2000。

3.2.2 筒芯的筒壁应密实,两端封板应与筒壁连接牢固。筒芯外表面不得有孔洞和影响混凝土形成空腔的其他缺陷。

3.2.3 筒芯的尺寸应符合设计要求,其偏差应符合表 3.2.3 的规定。

表 3.2.3 筒芯尺寸允许偏差

项 目	允许偏差(mm)
长度	0, -20
外径	±3

续表 3.2.3

项 目	允许偏差(mm)
端面垂直度	5
平直度(侧弯曲)	5
不圆度	5

注:检验方法应符合本规程附录 A 的规定。

3.2.4 筒芯的物理力学性能应符合表 3.2.4 的规定。

表 3.2.4 筒芯物理力学性能要求

项 目		要 求
重量	$D=100,120,150,180,200\text{mm}$	$\leq 12\text{kg/m}$
	$D=220,250,280,300,350\text{mm}$	$\leq 25\text{kg/m}$
	$D=400,450,500\text{mm}$	$\leq 40\text{kg/m}$
径向抗压荷载		$\geq 1000\text{N}$

注:检验方法应符合本规程附录 A 的规定。

3.3 箱 体

3.3.1 箱体的底面边长和高度应由设计确定。

箱体的底面宜为正方形,其边长可取 400~1200mm。当边长大于 600mm 时,宜在箱体中部设置竖向孔洞。箱体的高度可取 150~500mm。

3.3.2 箱体应具有可靠的密封性。箱体外表面不得有孔洞和影响混凝土形成空腔的其他缺陷。

3.3.3 箱体的尺寸应符合设计要求,其偏差应符合表 3.3.3 的规定。

表 3.3.3 箱体尺寸允许偏差

项 目	允许偏差(mm)
边长	0, -20
高度	± 5
表面平整度	5

注:检验方法应符合本规程附录 A 的规定。

3.3.4 箱体的重量应符合相应产品标准的规定。

箱体的竖向抗压荷载不应小于 1000N,侧向抗压荷载不应小于 800N。

注:检验方法应符合本规程附录 A 的规定。

4 结构分析

4.1 一般规定

4.1.1 现浇混凝土空心楼盖结构的整体布置应能合理地传递所承受的荷载和作用,具有明确的结构计算简图。

4.1.2 现浇混凝土空心楼盖结构中,楼板的支承可采用梁、柱或(和)墙。

4.1.3 对柱支承板楼盖结构,可根据建筑设计和结构计算的要求确定是否设置柱帽、托板。

4.1.4 现浇混凝土空心楼盖的区格板宜呈矩形。当内模为筒芯时,区格板内筒芯宜沿受力较大的方向顺向布置。

4.1.5 现浇混凝土空心楼盖各区格板布置内模后,周边的楼板实心区域应符合本规程第 6.2.2 条、第 6.3.1 条、第 6.3.4 条的规定,并应采取相应的构造措施。

4.1.6 楼板内承受较大集中静力荷载的部位不宜布置内模。对承受较大集中动力荷载的区格板,不应采用空心楼板。

4.2 结构分析方法

4.2.1 现浇混凝土空心楼盖可用于框架、剪力墙、框架-剪力墙、框架-核心筒、板柱-剪力墙等结构,其房屋高度、抗震等级和结构分析应符合国家现行标准《混凝土结构设计规范》GB 50010、《建筑抗震设计规范》GB 50011、《预应力混凝土结构抗震设计规程》JGJ 140 等的有关规定。

4.2.2 抗震设计时,当采用钢筋混凝土扁梁框架时,扁梁的布置和截面尺寸应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的有关规定;当采用预应力混凝土扁梁框架时,扁梁应符合现行行

业标准《预应力混凝土结构抗震设计规程》JGJ 140 的有关规定。

注:本条规定的扁梁不得用于一级抗震等级的框架结构。

4.2.3 现浇混凝土空心楼盖结构承载能力极限状态设计的荷载效应组合设计值应按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009、《建筑抗震设计规范》GB 50011 的规定进行计算;正常使用极限状态设计的荷载效应组合设计值应按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的规定进行计算。

4.2.4 现浇混凝土空心楼盖结构在承载能力极限状态下的内力设计值,可按线弹性分析方法确定,并可根据具体情况考虑弯矩调幅。

正常使用极限状态下的内力和变形计算,可采用线弹性分析方法。对钢筋混凝土楼盖结构构件,宜考虑开裂的影响。

4.2.5 对规则布置的现浇混凝土空心楼盖结构,可按下列规定进行内力分析:

1 边支承板楼盖结构:楼板可仅考虑承受竖向荷载,并按本规程第 4.3 节的规定进行内力分析;楼板周边支承构件应考虑承受竖向荷载、水平荷载和(或)地震作用,按现行有关规范进行内力分析。

2 柱支承板楼盖结构:在竖向均布荷载作用下可按本规程第 4.4 节、第 4.5 节、第 4.6 节的规定进行内力分析;水平荷载、地震作用下可按第 4.6 节的规定进行内力分析。

注:预应力混凝土柱支承板楼盖结构的内力分析应符合现行行业标准《无粘结预应力混凝土结构技术规程》JGJ 92、《预应力混凝土结构抗震设计规程》JGJ 140 的有关规定。

4.2.6 现浇混凝土空心楼盖结构可采用有限元方法进行内力分析。楼盖结构分析采用的结构计算程序应经考核和验证,技术条件应符合本规程及国家现行有关标准的规定。对电算结果应经判断和校核,在确认其合理有效后,方可用于工程设计。

4.2.7 单向连续板按弹性分析方法求得的内力,在一跨范围内

正、负弯矩之间的调幅不应超过 20%；边支承双向板按弹性分析方法求得的内力，每个方向正、负弯矩之间的调幅不应超过 20%。

符合本规程第 4.5.1 条要求的柱支承板楼盖，在竖向均布荷载作用下按弹性分析求得的楼板内力，在每个方向正、负弯矩之间的调幅不应超过 10%。

4.2.8 对于直接承受动力荷载的构件，以及要求不出现裂缝或处于侵蚀环境等情况中的结构，不得采用考虑弯矩调幅的分析方法。

4.3 边支承板内力分析

4.3.1 边支承板楼盖的支承条件可按下列规定确定：

1 当楼盖内区格板由墙支承时，该区格板应按竖向刚性支承考虑。

2 当楼盖内区格板的周边现浇框架梁竖向变形较小时，该区格板可按竖向刚性支承考虑。

3 对楼盖的边区格板和角区格板，周边支承条件应根据支承构件的实际弯曲、扭转刚度确定。

4 搁置在砌体外墙上的区格板，沿墙的板边可按简支考虑。

4.3.2 边支承板楼盖的区格板应按下列原则计算：

1 两对边支承的板应按单向板计算。

2 四边支承的板，当长边与短边长度之比不大于 2.0 时，应按双向板计算；当长边与短边长度之比大于 2.0，但小于 3.0 时，宜按双向板计算；当长边与短边长度之比不小于 3.0 时，可按沿短边方向受力的单向板计算。

4.3.3 边支承板楼盖结构的区格板，可按不考虑空腔影响的弹性板进行内力分析。

4.4 拟 梁 法

4.4.1 承受竖向均布荷载的柱支承板楼盖，当采用拟梁法进行弹性分析时，拟梁宜在楼盖平面范围内统一布置。

拟梁的截面抗弯刚度宜按本规程第 4.4.2 条确定。每个区格板内拟梁的数量可根据区格板的跨度和计算要求等确定,且在各方向上均不宜少于 5 根。在多区格楼盖内拟梁宜取为连续梁,计算中宜考虑拟梁的挠曲和扭转对连续梁内力的影响。

4.4.2 拟梁的抗弯刚度可取拟梁所代表的楼板宽度范围内各部分的抗弯刚度之和。各部分的抗弯刚度可按下列规定确定:

1 梁、柱轴线上的楼板实心区域,其抗弯刚度应按实际截面计算。

2 当内模为筒芯且板顶厚度和板底厚度相等时,楼板空心区域顺筒方向、横筒方向拟梁的截面抗弯刚度取为 $E_{cs} I_{s1}$ 、 $E_{cs} I_{s2}$,其中 E_{cs} 为楼板混凝土的弹性模量。抗弯惯性矩 I_{s1} 、 I_{s2} 可按下列公式计算:

$$I_{s1} = \frac{s_1}{b_w + D} \left[\frac{1}{12} (b_w + D) h_s^3 - \frac{\pi D^4}{64} \right] \quad (4.4.2-1)$$

$$I_{s2} = \gamma \frac{s_2}{s_1} I_{s1} \quad (4.4.2-2)$$

式中 s_1 、 s_2 ——顺筒方向、横筒方向拟梁的宽度;

b_w ——顺筒肋宽;

D ——筒芯外径;

h_s ——楼板厚度;

γ ——横筒方向拟梁抗弯刚度的计算系数:当 $D/h_s \leq 0.6$ 时,可取 1.0;当 $D/h_s \geq 0.7$ 时,可取 0.9;当 $0.6 < D/h_s < 0.7$ 时,可按线性内插法确定。

3 当内模为箱体时,楼板空心区域两个方向的抗弯刚度可按实际截面计算。

4.5 直接设计法

4.5.1 当承受竖向均布荷载的柱支承板楼盖符合下列条件时,可采用直接设计法进行内力分析:

- 1 在结构的每个方向至少有三跨连续板。
- 2 所有区格板均为矩形,各区格的长宽比不大于 2。
- 3 两个方向相邻两跨的跨度差均不大于长跨的 1/3。
- 4 柱子离相邻柱中心线的最大偏移在两个方向均不大于偏心方向跨度的 10%。
- 5 可变荷载标准值不大于永久荷载标准值的 2 倍。
- 6 当柱轴线上有梁时,两个垂直方向的梁应符合下列条件:

$$0.2 \leq \frac{\mu_1}{\mu_2} \leq 5 \quad (4.5.1)$$

式中 μ_1, μ_2 —— 在楼盖区格板计算方向、垂直于计算方向分别取

$$\text{为: } \mu_1 = \alpha_1 \frac{l_2}{l_1}, \mu_2 = \alpha_2 \frac{l_1}{l_2};$$

l_1, l_2 —— 区格板计算方向、垂直于计算方向轴线到轴线的跨度;

α_1, α_2 —— 计算方向、垂直于计算方向梁与板截面抗弯刚度的

的比值: $\alpha = \frac{E_{cb} I_b}{E_{cs} I_s}$, 此处, E_{cb}, E_{cs} 为梁、楼板混凝土的弹性模量; I_b 为梁的截面抗弯惯性矩, 对计算方向、垂直于计算方向按本规程第 4.5.8 条计算; I_s 为楼板的截面抗弯惯性矩, 对计算方向、垂直于计算方向按本规程第 4.5.10 条计算。

当不符合上述条件时,可按本规程第 4.6 节的等代框架法或第 4.4 节的拟梁法进行内力分析。

4.5.2 柱支承板楼盖采用直接设计法进行内力分析时,应按纵、横两个方向分别计算,且均应考虑全部竖向均布荷载的作用。直接设计法的计算板带为支座中心线两侧以区格板中心线为界的板带。计算板带在计算方向一跨内的总弯矩设计值 M_0 应按下列公式计算:

$$M_0 = \frac{1}{8} q_d b l_n^2 \quad (4.5.2)$$

式中 q_d ——考虑结构重要性系数的板面竖向均布荷载基本组合设计值；

b ——计算板带的宽度：当支座中心线两侧区格板的横向跨度不等时，应取相邻两跨横向跨度的平均值；对于计算板带的一边为楼盖边时，应取区格板中心线到楼盖边缘的距离；

l_n ——计算方向区格板净跨，取相邻柱（柱帽或墙）侧面之间的距离，且不应小于 $0.65l_1$ 。

4.5.3 总弯矩设计值 M_0 在计算方向的各控制截面上可按下列规定分配：

1 对内跨，正弯矩设计值取 $0.35M_0$ ，负弯矩设计值取 $0.65M_0$ 。

2 对端跨，按表 4.5.3 规定的系数分配。

表 4.5.3 计算板带端跨弯矩设计值的分配系数

支座约束条件	外支座简支	在各支座处均有梁	在内支座处无梁		外支座嵌固
			无边梁	有边梁	
内支座负弯矩	0.75	0.70	0.70	0.70	0.65
外支座负弯矩	0	0.16	0.26	0.30	0.65
正弯矩	0.63	0.57	0.52	0.50	0.35

按上述方法分配弯矩时，中间支座应能抵抗支座两侧所分配负弯矩的较大值，否则应对不平衡弯矩再分配。对边梁或板边的设计，应考虑外支座负弯矩引起的扭转作用。

4.5.4 柱上板带各控制截面所承担的弯矩设计值可按本规程第 4.5.3 条确定的弯矩设计值乘以表 4.5.4 规定的系数确定。表中系数 β_t 按下列公式计算：

$$\beta_t = \frac{E_{cb} I_t}{2.5 E_{cs} I_s} \quad (4.5.4)$$

式中 β_t ——计算板带端支座处边梁的截面抗扭刚度与楼板的截面抗弯刚度的比值；

I_1 ——端支座处边梁的截面抗扭惯性矩,按本规程第 4.5.9 条确定。

表 4.5.4 柱上板带承受计算板带内弯矩设计值的分配系数

状 况			l_2/l_1		
			0.5	1.0	2.0
内支座负弯矩	$\mu_1 = 0$		0.75	0.75	0.75
	$\mu_1 \geq 1$		0.90	0.75	0.45
端支座负弯矩	$\mu_1 = 0$	$\beta_1 = 0$	1.00	1.00	1.00
		$\beta_1 \geq 2$	0.75	0.75	0.75
	$\mu_1 \geq 1$	$\beta_1 = 0$	1.00	1.00	1.00
		$\beta_1 \geq 2$	0.90	0.75	0.45
正弯矩	$\mu_1 = 0$		0.60	0.60	0.60
	$\mu_1 \geq 1$		0.90	0.75	0.45

注:1 系数可采用根据表中数值的线性插值;

2 表中 μ_1 按本规程第 4.5.1 条计算;

3 当支座由墙组成,且墙的长度不小于 $3b/4$ 时,可认为负弯矩在 b 范围内均匀分布,其中 b 为计算板带的宽度。

4.5.5 计算板带中不由柱上板带承受的弯矩设计值应按比例分配给两侧的半个跨中板带;每个跨中板带应承受两个半个跨中板带分配来的弯矩设计值之和。

与支承在墙体上的柱上板带相邻的跨中板带,应承受远离墙体的半个跨中板带弯矩设计值的 2 倍。

4.5.6 对带梁的柱上板带,当 $\mu_1 \geq 1$ 时,梁应承受柱上板带弯矩设计值的 85%;当 $0 < \mu_1 < 1$ 时,可按线性插值确定梁承受的弯矩设计值,其中 μ_1 可按本规程第 4.5.1 条的规定计算。此外,梁还应承受直接作用在梁上的荷载产生的弯矩设计值。

4.5.7 柱支承板楼盖中,由竖向均布荷载产生的柱与楼盖之间的不平衡弯矩应按下列规定确定:

1 对计算方向的内柱,不平衡弯矩宜考虑周边可变荷载的不

利布置。

2 对计算方向的端柱,由节点受剪承担的不平衡弯矩可取 $0.3M_0$ 。

4.5.8 带梁的柱支承板,梁的截面抗弯惯性矩 I_b 可按 T 型或倒 L 型截面计算,抗弯惯性矩的计算截面翼缘自梁侧面向外延伸宽度可取梁的腹板净高 h_w ($h_w = h_b - h_s$, h_b 为梁高, h_s 为板厚)。计算抗弯惯性矩时,应取扣除内模后的实际截面。

无梁的柱支承板,梁的截面抗弯惯性矩 I_b 可按柱轴线上楼板实心区域实际截面计算。

4.5.9 计算截面抗扭惯性矩 I_t 时,可将计算截面分成几个矩形,按下列公式计算:

$$I_t = \sum \left(1 - 0.63 \frac{x}{y} \right) \left(\frac{x^3 y}{3} \right) \quad (4.5.9)$$

式中 x, y ——矩形的短边、长边边长。

柱间无梁时, I_t 计算截面可取与柱(柱帽)宽度相同的板带计算;柱间带梁时, I_t 可按下列计算截面分别计算,并取其较大值:

1 与柱(柱帽)宽度相同的板带加上梁在板上、板下凸出的部分。

2 本规程第 4.5.8 条规定的抗弯惯性矩计算截面。

4.5.10 楼板的截面抗弯惯性矩 I_s 可按下列规定计算:

1 当内模为筒芯时

顺筒方向楼板的截面抗弯惯性矩

$$I_{s,a} = \frac{b_{sol,a} h_s^3}{12} + I_{hol,a} \quad (4.5.10-1)$$

横筒方向楼板的截面抗弯惯性矩

$$I_{s,p} = \frac{b_{sol,p} h_s^3}{12} + \frac{b_{hol,p}}{b_{hol,a}} I_{hol,a} \quad (4.5.10-2)$$

式中 $b_{sol,a}$ 、 $b_{sol,p}$ ——顺筒方向、横筒方向的柱轴线上楼板实心区域的宽度;

$b_{hol,a}$ 、 $b_{hol,p}$ ——顺筒方向、横筒方向的计算板带中楼板空心

区域的总宽度；

$I_{\text{hol},a}$ ——顺筒方向的计算板带中楼板空心区域截面抗弯惯性矩。

2 当内模为箱体时,可按计算板带楼板实际截面计算。

4.6 等代框架法

4.6.1 柱支承板楼盖结构采用等代框架法进行内力分析时,应符合下列规定:

1 等代框架可采用弯矩分配法或有限元法进行内力分析。

2 在竖向均布荷载作用下,应按纵横两个方向分别计算,且均应考虑全部荷载的作用。柱与上一层及下一层楼盖可按固接考虑,等代框架可取等代框架梁及与之相连的上、下两层柱。等代框架梁应由柱轴线两侧区格板中心线之间的楼板和梁组成;等代框架柱由柱和柱两侧横向构件组成,并应符合本节的有关规定。

3 在水平荷载、地震作用下,地震作用计算应考虑楼盖的全部永久荷载和全部竖向可变荷载。等代框架应取结构底层到顶层的所有楼盖和柱。等代框架梁的宽度宜取计算方向轴线跨度的 $3/4$ 及第 2 款中规定的竖向均布荷载作用下等代框架梁宽度与垂直于计算方向柱帽宽度之和的 $1/2$ 两者中的较小值;等代框架柱可取柱的实际截面。

4 在竖向均布荷载作用下,当可变荷载标准值不大于永久荷载标准值的 $3/4$ 时,可不考虑可变荷载的不利布置。

4.6.2 竖向均布荷载作用下的等代框架梁截面抗弯惯性矩 I_{be} 应按下列规定确定:

1 柱(柱帽)范围以外

1) 当内模为筒芯时

顺筒方向等代框架梁截面抗弯惯性矩

$$I_{\text{be},a} = I_{\text{sol},a} + I_{\text{hol},a} \quad (4.6.2-1)$$

横筒方向等代框架梁截面抗弯惯性矩

$$I_{be,p} = I_{sol,p} + \frac{b_{hol,p}}{b_{hol,a}} I_{hol,a} \quad (4.6.2-2)$$

式中 $I_{sol,a}$ 、 $I_{sol,p}$ ——顺筒方向、横筒方向的柱轴线上实心区域（包括梁）的截面抗弯惯性矩；

$b_{hol,a}$ 、 $b_{hol,p}$ ——顺筒方向、横筒方向的等代框架梁宽度范围内楼板空心区域的总宽度；

$I_{hol,a}$ ——顺筒方向的等代框架梁宽度范围内楼板空心区域截面抗弯惯性矩。

2) 当内模为箱体时,按等代框架梁范围内楼盖实际截面计算。

2 柱中心至柱(柱帽)侧面范围内, I_{be} 可取柱(柱帽)范围以外的惯性矩除以 $(1-c_2/b)^2$,其中 c_2 为垂直于计算方向的柱(柱帽)宽度, b 为等代框架梁的宽度。

4.6.3 水平荷载、地震作用下的等代框架梁截面抗弯惯性矩可按本规程第4.6.2条第1款确定,其中等代框架梁宽度应按本规程第4.6.1条第3款确定。

4.6.4 承受竖向均布荷载的柱支承板楼盖结构采用等代框架法进行弹性分析时,柱截面抗弯惯性矩在板顶至板底、梁底或柱帽底范围内的惯性矩可视为无穷大,在此范围之外可按柱实际截面计算。

4.6.5 承受竖向均布荷载的柱支承板楼盖结构采用等代框架法进行弹性分析时,等代框架柱的转动刚度 K_{ec} 可按下列公式计算:

$$K_{ec} = \frac{\sum K_c}{1 + \sum K_c / K_t} \quad (4.6.5)$$

式中 K_c ——柱的转动刚度;对无柱帽且无梁的柱支承板楼盖结

构 $K_c = \frac{4E_{ec}I_c}{H_c}$,其中 E_{ec} 为柱混凝土的弹性模量, I_c

为柱在计算方向的截面抗弯惯性矩, H_c 为柱的计算长度;对底层柱为从基础顶面到一层楼板顶面的距离,对其余各层柱为上、下两层楼板顶面之间的距离

离;对于有柱帽或带梁的柱支承板楼盖结构,应考虑柱轴线方向截面变化对 K_c 的影响;

K_c ——柱两侧横向构件的抗扭刚度,按本规程第 4.6.6 条计算。

4.6.6 承受竖向均布荷载的柱支承板楼盖结构采用等代框架法进行弹性分析时,柱两侧横向构件的抗扭刚度 K_c 可按下列公式计算:

$$K_c = \beta_b \sum \frac{9E_{cs}I_t}{l_2(1-c_2/l_2)^3} \quad (4.6.6)$$

式中 I_t ——柱两侧横向构件的截面抗扭惯性矩,按本规程第 4.5.9 条计算;

β_b ——柱两侧横向构件的抗扭刚度增大系数:对于无梁的

柱支承板 $\beta_b = 1$;对于带梁的柱支承板 $\beta_b = \frac{I_{be}}{I_s}$,其中

I_s 为等代框架梁宽度范围内楼板的截面抗弯惯性矩,可按本规程第 4.5.10 条确定, I_{be} 为等代框架梁在跨中的截面抗弯惯性矩,按本规程第 4.6.2 条第 1 款确定。

4.6.7 承受竖向均布荷载的柱支承板楼盖结构采用等代框架法进行弹性分析时,等代框架梁的计算弯矩沿宽度方向可采用本规程第 4.5 节规定的比例分配。此时,对带梁的柱支承板楼盖,应符合本规程第 4.5.1 条第 6 款的规定。

4.6.8 承受竖向均布荷载的柱支承板楼盖结构采用等代框架法进行弹性分析时,弯矩控制截面可按下列原则确定:

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 对有柱帽的端跨外支座,弯矩控制截面可取距柱侧面距离等于柱帽侧面与柱侧面距离 $1/2$ 处的截面。

5 设计规定

5.1 承载力计算

5.1.1 对现浇混凝土空心楼盖结构,各类构件的材料选择和承载力计算应符合国家现行标准《混凝土结构设计规范》GB 50010、《建筑抗震设计规范》GB 50011、《无粘结预应力混凝土结构技术规程》JGJ 92 等的有关规定。

空心楼板根据内力分析结果进行承载力计算时,应取空心楼板的实际截面。

5.1.2 边支承双向板可按下列规定进行承载力计算:

1 当按弹性方法计算楼板内力时,对于双向板的每个方向,自板边向内 $1/4$ 楼板短边跨度范围内的正弯矩可取相应方向楼板最大正弯矩的 $1/2$,中间部分的正弯矩可取相应方向楼板的最大正弯矩(图 5.1.2);每个方向的楼板负弯矩均可取相应方向楼板的最大负弯矩。

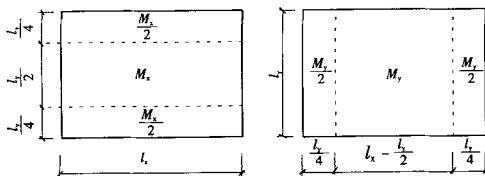


图 5.1.2 边支承双向板弹性内力分析正弯矩示意

注:图中 $l_x \geq l_y$, M_x 、 M_y 分别为 l_x 、 l_y 跨度方向的最大计算弯矩。

2 当有可靠经验时,可考虑楼盖的薄膜效应,对区格板的跨中和支座截面的计算弯矩适当折减:对中间区格板弯矩折减不应

超过 20%；对边区格板，边支座截面不折减，跨中和其他支座截面弯矩折减不应超过 10%；对角区格板不折减。

5.1.3 对柱支承板楼盖结构，当需考虑水平荷载、地震作用时，在本规程第 4.6.1 条第 3 款规定的等代框架梁宽度范围内的配筋计算应考虑水平荷载、地震作用效应与竖向荷载效应的组合，在楼板的其余范围可仅考虑竖向荷载效应。

5.1.4 考虑弯矩调幅的空心楼板，其正截面承载力计算中的截面受压区高度不宜大于受压区最小翼缘厚度。

对其他构件，截面受压区高度应符合中国工程建设标准化协会标准《钢筋混凝土连续梁和框架考虑内力重分布设计规程》CECS 51:93 的相关规定。

5.1.5 当内模为筒芯时，对不配置受力箍筋的现浇混凝土边支承楼板，受剪承载力应符合下列规定：

$$V \leq 0.7\beta_v f_t b_w h_0 + V_p \quad (5.1.5)$$

式中 V ——宽度 $(b_w + D)$ 范围内的剪力设计值；

β_v ——受剪计算系数。对顺筒方向取 1.3，对横筒方向取 0.6；

f_t ——混凝土轴心抗拉强度设计值；

b_w ——顺筒肋宽；

D ——筒芯外径；

h_0 ——楼板截面有效高度；

V_p ——预应力空心楼板中，宽度 $(b_w + D)$ 范围内由于施加预应力所提高的受剪承载力设计值，按国家现行标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 和《无粘结预应力混凝土结构技术规程》JGJ 92 的有关规定选用。

5.1.6 当内模为箱体时，对现浇混凝土空心楼盖中的肋梁，受剪承载力计算和配筋构造应符合国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010—2002 第 7.5 节和第 10.2 节的有关规定。

5.1.7 对无梁的柱支承板楼盖结构，应在柱周围设置楼板实心区域，其尺寸和配筋应根据受冲切承载力计算确定。板的受冲切承

承载力计算除应符合国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010—2002 第 7.7 节及附录 G 的有关规定外,尚应符合下列规定:

1 在柱上板带中设置有箍筋的暗梁时,可按上述规范第 7.7.3 条计算受冲切承载力。

2 当采用通过柱截面的正交型钢剪力架或抗冲切锚栓时,受冲切承载力计算及构造要求应符合现行行业标准《无粘结预应力混凝土结构技术规程》JGJ 92 的有关规定。

3 当设置托板、柱帽时,应选择最不利的受冲切破坏临界截面计算受冲切承载力。

4 除按国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010—2002 第 7.7.5 条和附录 G 的规定考虑板柱节点临界截面上由受剪传递的不平衡弯矩 $\alpha_0 M_{\text{unb}}$ 外,由弯曲传递的不平衡弯矩 $(1-\alpha_0) M_{\text{unb}}$ 应由有效宽度为柱(柱帽)两侧各 $1.5h_s$ (有托板时, h_s 取托板与楼板厚度之和)截面范围内配置的纵向受拉钢筋承担。

5 沿两个主轴方向均应有不少于两根板底钢筋贯通各柱截面,且贯通柱截面的板底钢筋截面面积应符合下列规定:

$$f_y A_s + f_{py} A_p \geq N_G \quad (5.1.7)$$

式中 A_s ——贯通柱截面的板底普通钢筋截面面积;对一端在柱截面对边按受拉弯折锚固的钢筋,截面面积按一半计算;

A_p ——贯通柱截面的板底预应力筋截面面积;对一端在柱截面对边锚固的钢筋,截面面积按一半计算;

N_G ——在该层楼板重力荷载代表值作用下的柱轴向压力设计值;

f_y ——普通钢筋抗拉强度设计值;

f_{py} ——预应力筋抗拉强度设计值,对无粘结预应力筋,应按现行行业标准《无粘结预应力混凝土结构技术规程》JGJ 92 取无粘结预应力筋的抗拉强度设计值

σ_{pu} 。

5.1.8 对带梁的柱支承板楼盖结构,梁承载力和板受冲切承载力的计算应符合下列规定:

1 梁应取其承受的全部弯矩、剪力、扭矩,按本规程第 4.5.8 条规定的截面进行承载力计算。

2 当 $\mu_m \geq 1$ 时,板、柱节点可不计算受冲切承载力;当 $0 < \mu_m < 1$ 时,板、柱节点可按下式计算受冲切承载力(计算中不考虑梁在板上、板下凸出的部分,仅考虑楼板的截面有效高度):

$$F_{l,eq} \leq F_{lu} \quad (5.1.8)$$

式中 $F_{l,eq}$ ——楼盖结构的等效集中反力设计值,按国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010—2002 附录 G 确定,附录 G 公式(G.0.1-1)、(G.0.1-3)、(G.0.1-5)中 F_l 、 M_{unb} 、 $M_{unb,x}$ 、 $M_{unb,y}$ 均应乘 $(1 - \mu_m)$, μ_m 为与柱相连各梁的系数 μ 平均值, μ 按本规程第 4.5.1 条计算;

F_{lu} ——楼板的受冲切承载力设计值,按国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010—2002 公式(7.7.1-1)的右边部分计算。

5.2 挠度和裂缝控制

5.2.1 当在现浇混凝土空心楼盖的设计中采用了适宜的构件跨高比、周边约束条件和构件配筋特性,且有可靠的工程实践经验时,可不作结构构件的挠度和裂缝宽度验算。

对按本规程第 4.2.7 条考虑弯矩调幅设计的楼板,宜进行挠度和裂缝宽度验算,或采取有效的构造措施。

5.2.2 现浇混凝土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 $a_{f,max}$ 宜按荷载效应标准组合并考虑荷载长期作用影响的刚度采用结构力学方法计算,并应符合下列规定:

$$a_{f,max} \leq a_{f,lim} \quad (5.2.2)$$

式中 $a_{f,lim}$ ——楼盖、屋盖构件的挠度限值,按国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010—2002 表 3.3.2 确定。

注:如果构件制作时预先起拱,且使用上允许,则 $a_{f,max}$ 可减去起拱值;对于预应力混凝土构件, $a_{f,max}$ 尚可减去预加力所产生的反拱值。

5.2.3 受弯构件的挠度可按下列规定计算:

1 受弯构件的刚度 B 应按国家现行标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 和《无粘结预应力混凝土结构技术规程》JGJ 92 的有关规定计算。

2 对于边支承双向板,可取短跨方向跨中最大弯矩处的刚度采用双向板弹性挠度公式计算。

3 对于柱支承板,可取两个方向楼板中间板带跨中最大弯矩处的刚度平均值作为该板刚度采用柱支承板弹性挠度公式计算。

5.2.4 当有可靠经验时,现浇混凝土空心楼盖构件的挠度也可采用本规程第 4.4 节的拟梁法计算,其刚度可按本规程第 5.2.3 条确定。

5.2.5 在楼面竖向均布荷载作用下,现浇混凝土空心楼盖区格板的裂缝控制宜符合现行国家标准《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区格板的裂缝控制应符合现行行业标准《无粘结预应力混凝土结构技术规程》JGJ 92 的有关规定。

5.2.6 现浇钢筋混凝土空心楼盖区格板,可按国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010—2002 的有关规定计算最大裂缝宽度,并按该规范公式(8.1.1-4)进行裂缝宽度验算。

6 构造要求

6.1 一般规定

6.1.1 现浇混凝土空心楼板的体积空心率不宜小于 25%，也不宜大于 50%。

6.1.2 现浇混凝土空心楼板的跨高比应符合下列规定：

1 钢筋混凝土边支承楼板：对单向板不大于 30；对双向板，跨度按短边计，不大于 40。

2 钢筋混凝土无梁的柱支承楼板：跨度按长边计，有柱帽时不大于 35，无柱帽时不大于 30。

3 预应力混凝土楼板：可较钢筋混凝土楼板适当增加。

6.1.3 当内模为筒芯时，现浇混凝土空心楼板截面的尺寸应根据计算确定，并应符合下列规定：

1 楼板的厚度不宜小于 180mm。

2 筒芯顺筒肋宽与筒芯外径的比值不宜小于 0.2；顺筒肋宽尺寸：对钢筋混凝土楼板不应小于 50mm，对预应力混凝土楼板不应小于 60mm。

3 当筒芯沿顺筒方向间断布置时，横筒肋宽不应小于 50mm。

4 板顶厚度和板底厚度宜相等，且不应小于 40mm。

6.1.4 当内模为箱体时，现浇混凝土空心楼板的截面尺寸应根据计算确定，并应符合下列规定：

1 楼板的厚度不宜小于 250mm。

2 箱体间肋宽与箱体高度的比值不宜小于 0.25；肋宽尺寸：对钢筋混凝土楼板不应小于 60mm，对预应力混凝土楼板不应小于 80mm。

3 板顶厚度、板底厚度不应小于 50mm,且板顶厚度不应小于箱体底面边长的 1/15。

6.1.5 现浇混凝土空心楼盖中的钢筋布置应符合下列规定:

1 楼板宜采用分离式配筋,跨中的板底钢筋应全部伸入支座,支座板面钢筋向跨内延伸的长度应覆盖负弯矩图并满足钢筋锚固的要求。

2 楼板中非预应力纵向受力钢筋可分区均匀布置,也可在肋宽范围内适当集中布置,在整个楼板范围内的钢筋间距均不宜大于 250mm。

3 楼板中无粘结预应力筋可布置在楼板肋宽和区格板周边的楼板实心区域范围内,且应符合现行行业标准《无粘结预应力混凝土结构技术规程》JGJ 92 的规定。

4 当内模为筒芯时,顺筒方向的纵向受力钢筋与筒芯的净距不得小于 10mm;在肋宽范围内,宜根据肋宽大小设置构造钢筋。

5 当内模为箱体时,纵向受力钢筋与箱体的净距不得小于 10mm;肋宽范围内应布置箍筋。

6.1.6 空心楼板的纵向受力钢筋最小配筋率、温度收缩钢筋配筋构造应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定。配筋率计算时,楼板截面面积应按楼板的实际截面计算。

当内模为筒芯时,边支承双向板、柱支承板的楼板空心区域横筒方向在单位宽度内的纵向受力钢筋最小配筋量和温度收缩钢筋配筋量宜与顺筒方向相同。

6.1.7 现浇混凝土空心楼盖角部应配置附加的构造钢筋,构造钢筋应符合下列规定:

1 楼盖角部空心楼板板顶、板底均应配置构造钢筋,配筋的范围从支座中心算起,两个方向的延伸长度均不小于所在角区格板短边跨度的 1/4。构造钢筋在支座处应按受拉钢筋锚固。

2 构造钢筋可采用正交钢筋网片,板顶、板底构造钢筋在两个方向的配筋率均不应小于 0.2%,且直径不宜小于 8mm,间距不

宜大于 200mm。

6.1.8 当空心楼板需要开洞时,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。

洞口的周边应保证至少 100mm 宽的实心混凝土带。在洞边应布置补偿钢筋,每方向的补偿钢筋面积不应小于切断钢筋的面积。

6.2 边支承板楼盖

6.2.1 边支承板楼盖中,梁、板的配筋构造应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010、《建筑抗震设计规范》GB 50011 的有关规定。

6.2.2 边支承板楼盖中,墙边或梁边每侧的实心板带宽度宜取 $0.2h_s$,且不应小于 50mm,实心板带内应配置构造钢筋。

6.3 柱支承板楼盖

6.3.1 柱支承板楼盖中,区格板周边的楼板实心区域应符合下列规定,并应配置构造钢筋:

1 无梁的柱支承板楼盖,柱上板带的楼板实心区域宽度不宜小于柱(柱帽)宽加两侧各 100mm。

2 带梁的柱支承板楼盖,当梁宽不大于柱宽时,同第 1 款规定;当梁宽大于柱宽时,柱上板带的楼板实心区域宽度不宜小于梁宽加两侧各 100mm。

3 柱周围的楼板实心区域在冲切破坏锥体底面线以外不应小于 $h_0/2+100(\text{mm})$,其中 h_0 为楼板截面有效高度。

6.3.2 柱支承板楼盖结构中,若设置柱顶托板,托板厚度不宜小于板厚的 1/4。

6.3.3 柱支承板楼盖中,楼板的配筋应符合下列规定:

1 板面钢筋在边支座的锚固,应符合现行国家标准《混凝土

结构设计规范》GB 50010 中的受拉钢筋锚固的规定；无特殊要求的板底钢筋在边支座的锚固长度不得小于 150mm；边支座的锚固长度从边梁内边算起，对无边梁的楼盖从边支座柱中心线算起。

2 对板的无支承自由边，垂直于自由边的钢筋应向下弯折至板底。当配置焊接钢筋网片时，宜设置 U 形构造钢筋并与板顶、板底的纵向受力钢筋搭接。

3 柱上板带纵向受力钢筋：

1) 板面钢筋的 $1/2$ 从柱(柱帽)边向区格板内延伸的长度不应小于区格板净跨的 $1/3$ ，其余钢筋的延伸长度不应小于净跨的 $1/5$ 。

2) 板底钢筋均应通长布置，钢筋的连接部位应设置在中间支座柱(柱帽)两边向区格板内延伸 $1/3$ 净跨的范围内。

3) 板底钢筋的 $1/2$ 应在边支座内锚固，锚固长度应按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 关于受拉钢筋的规定确定。

4 跨中板带纵向受力钢筋：

1) 板面钢筋从柱(柱帽)边向区格板内延伸的长度不应小于区格板净跨的 $1/4$ 。

2) 板底钢筋均宜通长布置，钢筋的连接部位应设置在中间支座柱(柱帽)两边向区格板内延伸 $1/3$ 净跨的范围内。

6.3.4 抗震设计时，对无梁的柱支承板楼盖应在柱(柱帽)宽两侧各 $1.5h_s$ (有托板时 h_s 取托板与楼板厚度之和)范围内设置暗梁。

6.3.5 抗震设计时，对无梁的柱支承板楼盖，其配筋构造应符合下列规定：

1 柱上板带内不少于 $1/2$ 的钢筋应配置在暗梁内，暗梁下部钢筋不宜少于上部钢筋的 $1/2$ 。暗梁内通长布置的板面钢筋不应少于 $1/2$ 。

2 暗梁应采用不少于四肢的封闭箍筋，箍筋直径不应小于 8mm，间距不应大于 300mm。

3 暗梁的箍筋加密区长度不宜小于 $3h_s$, 加密区范围内箍筋肢距不应大于 250mm, 箍筋间距不应大于 100mm。

6.3.6 抗震设计时, 对带梁的柱支承板楼盖, 梁的宽度不宜大于柱(柱帽)宽与柱两侧各 $1.5h_s$ 之和。梁的配筋构造应符合国家现行标准《混凝土结构设计规范》GB 50010、《建筑抗震设计规范》GB 50011和《预应力混凝土结构抗震设计规程》JGJ 140 的有关规定。

6.3.7 符合本规程第 4.2.2 条要求的扁梁, 应根据抗震等级按国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011—2001 进行抗震验算并应符合相应的构造要求。扁梁框架的梁柱节点核心区截面抗震验算应符合上述规范附录 D 第 D.2 节的有关规定。

6.3.8 抗震设防烈度为 8 度时, 对无梁的柱支承板楼盖结构宜采用有柱帽或托板的板柱节点, 柱帽或托板根部的厚度与板厚之和不宜小于柱纵向受力钢筋直径的 16 倍。柱帽或托板的边长不宜小于 $4h_s$ 与柱截面相应边长之和。

7 施工及验收

7.1 一般规定

7.1.1 现浇混凝土空心楼盖结构各分项工程的施工及验收除应遵守本规程的规定外,还应符合国家现行标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204、《无粘结预应力混凝土结构技术规程》JGJ 92 的有关规定。

7.1.2 现浇混凝土空心楼盖结构施工现场应有健全的质量管理体系、施工质量控制和质量检验制度。

现浇混凝土空心楼盖结构施工项目应有专门的施工技术方案,并经审查批准。

7.1.3 现浇混凝土空心楼盖结构中,内模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;对内模尚应进行隐蔽工程验收。

7.1.4 对现浇混凝土空心楼盖结构中的钢筋混凝土梁、板,其模板应按设计要求起拱;当设计无具体要求时,起拱高度宜为跨度的 $2/1000 \sim 3/1000$ 。

7.1.5 在普通钢筋安装、预应力筋铺设、内模安装以及预留、预埋设施安装前,均应划线定位。

7.1.6 在浇筑混凝土时必须采取防止单个内模上浮、楼板底模局部上浮和钢筋移位的有效措施。

7.2 内模验收

7.2.1 筒芯、箱体进场时,应按同一生产厂、同一材料、同一生产工艺、同一规格,且连续进场不超过 5000 件为一个检验批,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,可改为每 10000 件为一个检验批。

对每个检验批内模的外观质量应全数目测检查,其质量应符合本规程第 3 章的规定;对不符合外观质量要求的内模,可在现场修补,经检验合格后可重新用于工程。

对每个检验批应随机抽取 20 件进行尺寸偏差检验;检验合格后,从中随机抽取 3 件检验重量和抗压荷载。检验方法应符合本规程附录 A 的规定。

7.2.2 当所抽取的 20 件内模试件的尺寸偏差符合本规程第 3 章规定的合格点率不小于 80%,且没有严重超差时,该检验批的尺寸偏差可判为合格。

当合格点率小于 80%但不小于 70%时,应再随机抽取 20 件内模试件进行检验,当按两次抽样总和计算的合格点率不小于 80%,且没有严重超差时,该检验批的尺寸偏差仍可判为合格。

如不符合上述要求,应逐件量测检查,并剔除有严重超差的内模。

7.2.3 对抽取的 3 件内模试件均应检验重量、抗压荷载,当检验结果符合本规程第 3 章的规定时,该检验批的物理力学性能可判为合格。

如某检验项目不符合要求,应再随机抽取 3 件内模试件对该检验项目进行检验。当 3 件内模试件的检验结果均符合要求时,该检验批的物理力学性能仍可判为合格。

7.2.4 其他内模进场时,应对外观质量、尺寸偏差、物理力学性能按检验批进行检查验收,其质量应符合本规程第 3 章的规定和相应产品标准的规定。检验批量和抽样数量可由各方协商确定。

7.2.5 如有特殊需要,还可根据相应要求进行专项性能的抽样检验,检验方案可由各方协商确定。

7.3 施工质量控制

7.3.1 现浇混凝土空心楼盖结构的主要施工工序可按图 7.3.1 确定。

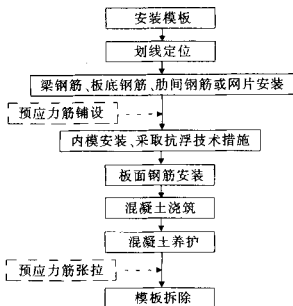


图 7.3.1 现浇混凝土空心楼盖结构主要施工工序示意

注:1 图中实线工序用于钢筋混凝土结构,虚线工序为预应力混凝土结构特需的工序。

2 施工过程中,预留、预埋设施施工应适时插入。

7.3.2 当在内模间肋宽范围内布置多束无粘结预应力筋时,可将预应力筋并束绑扎,并在张拉端或锚固端将预应力筋分散布置。预应力筋张拉端应采用穴模。

7.3.3 内模在运输、堆放及装卸过程中应小心轻放,严禁甩扔。内模宜采用专用吊篮运至作业地点。

7.3.4 应采取有效的技术措施保证内模安装位置准确和整体顺直,并符合下列规定:

1 内模的安装位置应符合设计要求。

2 区格板周边和柱周围混凝土实心部分的尺寸应符合设计要求。

7.3.5 施工中筒芯需要接长时,可将筒芯直接对接;对需要截断的筒芯,截断后应采取有效的封堵措施。

7.3.6 施工过程中应防止内模损坏。对板面钢筋安装之前损坏

的内模,应予以更换;对板面钢筋安装之后损坏的内模,应采取有效的修补措施封堵。

7.3.7 对单个内模和楼板底模均应采取抗浮技术措施。内模抗浮技术措施应在检查确认内模位置、间距符合要求后施行。

7.3.8 施工过程中,预留、预埋设施(水平管线、电线盒等)的安装应与钢筋安装、预应力筋铺设、内模安装等工序交叉进行。

7.3.9 预留、预埋设施宜布置在楼盖结构的楼板实心区域、肋宽范围内。当预留、预埋设施无法避开内模时,可对内模采取断开或锯缺口等措施,但事后应封堵。在管线集中处,可采取换用小尺寸内模等措施避让。

7.3.10 在浇筑混凝土前,除对钢筋、预应力筋和预留、预埋设施的安装质量应检查验收外,尚应对内模安装按表 7.3.10 的规定进行检查验收。在浇筑混凝土前,对有吸水性的内模应浇水湿润。

表 7.3.10 内模安装检验批的质量验收

序号	检查项目	质量要求	检查数量	检验方法
1	内模规格、数量	应符合设计要求	全数检查	观察,辅以钢尺量测
2	安装位置和定位措施	位置应符合设计要求,间距、肋宽、板顶厚度、板底厚度允许偏差 $\pm 10\text{mm}$;内模底部和肋部定位措施符合要求	在同一检验批内,内模位置抽查 5%且不少于 5 个;定位措施全数检查	对照施工方案,观察和钢尺量测
3	抗浮技术措施	抗浮技术措施合理,方法正确	全数检查	对照施工方案,观察检查
4	内模更换或封堵	应防止内模损坏;出现破损时应及时更换或封堵	全数检查	观察检查
5	区格板中内模的整体顺直度	允许偏差 $3/1000$,且不应大于 15mm	在同一检验批内,抽查内模总列数的 5%且不少于 5 列	拉线和钢尺量测
6	区格板周边和柱周围混凝土实心部分的尺寸	应符合设计要求;允许偏差 $\pm 10\text{mm}$	在同一检验批内,抽查区格板总数的 10%且不少于 3 个	钢尺量测

7.3.11 混凝土用粗骨料的最大粒径应根据内模形式和混凝土浇

筑要求确定,不宜大于空心楼板肋宽的 $1/2$ 和板底厚度的 $1/2$,且不得大于 31.5mm。

7.3.12 在内模安装和混凝土浇筑前,应铺设架空马道,严禁将施工机具直接放置在内模上。施工操作人员不得直接踩踏内模。

7.3.13 浇筑混凝土时,应对内模进行观察和维护。发生异常情况时,应按施工技术方案及时处理。

7.3.14 混凝土浇筑宜采用泵送施工,并一次浇筑成型。混凝土拌合物的坍落度不宜小于 160mm。振捣器应避免触碰内模、预应力筋和定位马凳。当内模为筒芯时,浇筑混凝土时宜沿顺筒方向推进。

7.4 空心楼盖结构质量验收

7.4.1 现浇混凝土空心楼盖结构用钢筋、水泥、砂、石、外加剂、矿物掺合料、水等原材料的进场检验,应按现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 的有关规定执行。

7.4.2 现浇混凝土空心楼盖结构中内模的安装应参与模板安装检验批和模板分项工程的验收,可不参与混凝土结构子分部工程的验收。内模安装检验批、模板分项工程的质量验收可按本规程附录 B 记录。

7.4.3 现浇混凝土空心楼盖结构作为混凝土结构子分部工程的组成部分,应按现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 的规定进行验收。

附录 A 内模进场检验方法

A.0.1 筒芯的尺寸偏差应按表 A.0.1 进行检验,尺寸量测应精确至 1mm。

表 A.0.1 筒芯尺寸偏差检验

项目	量具	检验方法
长度	钢尺	在试件两端对应点之间量测一次,计算尺寸偏差
外径	钢尺	在试件两个端面各量测一次,取偏差较大值
端面垂直度	直角尺和塞尺	在试件端面量测一次,取最大空隙值
平直度 (侧弯曲)	靠尺和塞尺	在试件侧面量测一次,取最大空隙值
不圆度	钢尺	在试件端面上互相垂直的两个方向量测直径,取其差值

A.0.2 箱体的尺寸偏差应按表 A.0.2 进行检验,尺寸量测应精确至 1mm。

表 A.0.2 箱体尺寸偏差检验

项目	量具	检验方法
边长、高度	钢尺	在试件两端对应点之间量测一次,计算尺寸偏差
表面平整度	靠尺和塞尺	在试件表面量测,取最大空隙值

A.0.3 内模的重量应按下列方法检验:

1 对筒芯:

- 1) 取自然干燥的试件,量测其长度 L (精确至 1mm)。
- 2) 用台秤称其质量 m (精确至 0.1kg)。

3) 重量 g 应按下列公式计算(精确至 0.1kg/m):

$$g = \frac{m}{L} \quad (\text{A. 0. 3})$$

2 对箱体,取自然干燥的试件,用台秤称其重量。

A. 0. 4 筒芯的径向抗压荷载应按下列方法进行检验(图 A. 0. 4):

1 取长度为 1000mm 的自然干燥状态试件,放置在平板上。

2 将承压面积为 100cm^2 的(长度 10cm , 弧线方向尺寸 10cm)弧面压板放置在试件中部位置的顶部。

3 在弧面压板上加载 1000N ,静置 10min 后卸载。

若无裂纹和破损等现象,可判定试件径向抗压荷载检验合格。

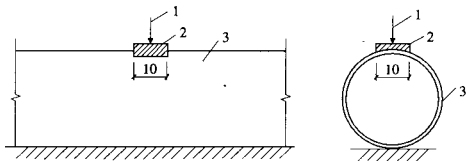


图 A. 0. 4 筒芯径向抗压荷载检验示意

1— 1000N 荷载;2— 100cm^2 弧面压板;3—筒芯试件

A. 0. 5 箱体抗压荷载应按下列方法进行检验:

1 取自然干燥状态箱体试件,水平放置在平板上。

2 将面积为 100cm^2 的压板放置在试件上表面任意位置。

3 在压板上加载 1000N ,静置 10min 后卸载。

4 将试件侧立在平板上,重复第 2 款和第 3 款的操作,但加载改为 800N 。

若无裂纹和破损等现象,可判定试件抗压荷载检验合格。

A. 0. 6 内模进场验收可按表 A. 0. 6-1 和表 A. 0. 6-2 记录。

表 A.0.6-1 筒芯进场验收记录

生产厂名称			进场日期	
产品合格证			出厂检验报告	
批 次			批 量	
检验项目		检查数量	质量要求	检查结果
外观质量			本规程第 3.2.2 条	
尺寸 偏差 (mm)	长度		0, -20	
	外径		±3	
	端面垂直度		5	
	平直度 (侧弯曲)		5	
	不圆度		5	
重量			本规程第 3.2.4 条	
径向抗压荷载			≥1000N	
施工单位 检查评定结果		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		

注:产品合格证和出厂检验报告应作为本表的附件。

表 A.0.6-2 箱体进场验收记录

生产厂名称			进场日期	
产品合格证			出厂检验报告	
批 次			批 量	
检验项目		检查数量	质量要求	检查结果
外观质量			本规程第 3.3.2 条	
尺寸 偏差 (mm)	边长		0, ~20	
	高度		±5	
	表面平整度		5	
重量			本规程第 3.3.4 条	
竖向抗压荷载			≥1000N	
侧向抗压荷载			≥800N	
施工单位 检查评定结果		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		

注:产品合格证和出厂检验报告应作为本表的附件。

附录 B 质量验收记录

B.0.1 内模安装检验批质量验收可按表 B.0.1 记录。

表 B.0.1 内模安装检验批质量验收记录

单位工程名称					
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	内模规格、数量	应符合设计要求		
	2	安装位置和定位措施	位置应符合设计要求,允许偏差 $\pm 10\text{mm}$;内模底部和肋部定位措施符合要求		
	3	抗浮技术措施	抗浮技术措施合理,方法正确		
一般项目	1	内模更换或封堵	应防止内模损坏;出现破损时应及时更换或封堵		
	2	区格板中内模的整体顺直度	允许偏差 3/1000,且不应大于 15mm		
	3	区格板周边和柱周围楼板实心部分的尺寸	应满足设计要求;允许偏差 $\pm 10\text{mm}$		
施工单位检查评定结果		专业工长	施工班组长		
		项目专业质量检查员			
监理(建筑)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			

B.0.2 模板分项工程质量验收可按表 B.0.2 记录。

表 B.0.2 模板分项工程质量验收记录

单位工程名称					
分部工程名称		结构类型		检验批数	
施工单位		项目经理		项目技术负责人	
序号	检验批部位、区段	施工单位检查评定结果		监理(建设)单位验收结论	
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
检查 结论	项目专业技术负责人		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			年 月 日	

本规程用词说明

1 为便于在执行本规程条文时区别对待,对要求严格程度不同的用词说明如下:

1) 表示很严格,非这样做不可的:

正面词采用“必须”;反面词采用“严禁”。

2) 表示严格,在正常情况下均应这样做的:

正面词采用“应”;反面词采用“不应”或“不得”。

3) 表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的:

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”。

2 规程中指明应按其他有关标准执行时,写法为“应符合……的规定”或“应按……执行”。

中国工程建设标准化协会标准

现浇混凝土空心楼盖结构
技术规程

CECS 175 : 2004

条文说明

目 次

1	总 则	(45)
2	术语和符号	(47)
2.1	术语	(47)
2.2	符号	(48)
3	内 模	(49)
3.1	一般规定	(49)
3.2	筒芯	(49)
3.3	箱体	(50)
4	结构分析	(52)
4.1	一般规定	(52)
4.2	结构分析方法	(53)
4.3	边支承板内力分析	(55)
4.4	拟梁法	(56)
4.5	直接设计法	(56)
4.6	等代框架法	(61)
5	设计规定	(64)
5.1	承载力计算	(64)
5.2	挠度和裂缝控制	(67)
6	构造要求	(69)
6.1	一般规定	(69)
6.2	边支承板楼盖	(71)
6.3	柱支承板楼盖	(71)
7	施工及验收	(73)
7.1	一般规定	(73)

7.2 内模验收	(74)
7.3 施工质量控制	(75)
7.4 空心楼盖结构质量验收	(77)
附录 A 内模进场检验方法	(79)
附录 B 质量验收记录	(80)

1 总 则

1.0.1、1.0.2 现浇混凝土空心楼盖结构具有减轻自重、降低地震作用等优点,可较明显地降低总体造价,并改善使用功能。现浇混凝土空心楼盖结构已广泛应用于商场、办公楼、图书馆、教学楼、停车楼、住宅等建筑中。

空心楼盖可用于一般民用建筑,尤其适用于具有较大跨度、对层高有限制的公共建筑和住宅建筑中。工业建筑和其他工程结构中也常采用各类埋入式内模形成现浇混凝土空心结构,以获得较大的跨度和较好的使用功能。对大跨度预制构件,为减轻自重,也可埋入各类内模。本规程规定的内模仅作为非抽芯成孔物使用,不参与结构受力,但设计楼板时应考虑内模的重量。

空心楼盖的内模多种多样,已有多种材料可用来制作满足成孔要求的内模。内模多为薄壁空心形式,但也可由实心的轻质材料加工而成。内模按形状可分为筒形、箱形两种主要形式,筒形内模的横断面可为圆形、椭圆形或其他形状,箱形内模的横截面多为正方形或矩形。薄壁筒芯、薄壁箱体作为现浇混凝土空心楼盖的内模已有较多的试验研究成果和工程实践经验。

本规程主要以圆形薄壁筒芯(简称筒芯)、方形薄壁箱体(简称箱体)为基础编制。对其他形状的内模,可根据其特点,参考本规程的规定应用。

1.0.3 现浇混凝土空心楼盖结构的应用虽较多,但由于结构的设计和施工中有很多环节与传统做法有一定区别,因而更需加强质量控制。制定合理的设计和施工方案、做好技术交底以及严格执行质量检查和验收制度具有重要意义。

1.0.4 凡国家现行标准中已有的明确规定,本规程原则上不再重

复。因此,在设计、施工和验收中除应符合本规程的要求外,还应满足国家现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术 语

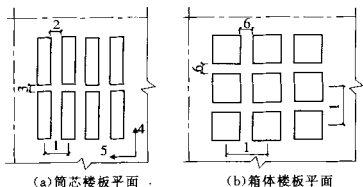
术语是根据本规程内容表达的需要而列出的。其他较常用和重要的术语在相关标准中已有规定,此处不再重复。

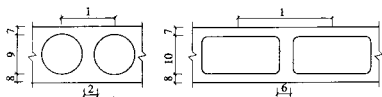
用作现浇混凝土空心楼盖非抽芯成孔物的内模,应具有符合规定要求的外观、尺寸和物理力学性能。本规程规定的内模均不参与结构受力,在内力计算中不予考虑。

空心楼盖是为了达到节省材料、减轻自重等目的,而在楼板中埋入内模并浇筑混凝土而形成的楼盖。

空心率分面积空心率和体积空心率两种。面积空心率是指楼板横截面中空心区域面积与全截面面积的比值。面积空心率的计算较为简便,可作为空心率的一般指标。体积空心率的计算还考虑了区格板周边和内模间楼板实心部分的体积,反映了楼盖结构的实际空心情况,可作为技术经济比较时采用的指标。

放置内模后楼板涉及的几何尺寸较多,图 1 给出了埋置筒芯和箱体内模的空心楼板示意。肋宽指相邻内模侧面之间的最小距离。当内模为筒芯时,肋宽可区分为顺筒肋宽和横筒肋宽;横筒肋宽取值可能为 0,对应于筒芯沿顺筒方向对接而不留空隙的情况。





(c)筒芯楼板断面

(d)箱体楼板断面

图 1 空心楼板示意

1—间距；2—顺筒肋宽；3—横筒肋宽；4—顺筒方向；5—横筒方向；
6—肋宽；7—板顶厚度；8—板底厚度；9—筒芯外径；10—箱体高度

2.2 符 号

符号是根据有关标准规定和一般规则而列出的。列出的符号考虑了本规程内容表达的需要。

3 内 模

3.1 一 般 规 定

3.1.1 内模的质量要求主要包括规格尺寸、外观质量和物理力学性能三个方面。其中,物理力学性能对不同种类的内模要求各不相同。对有吸水性的内模,吸水率应满足相应产品标准的要求。

3.1.2 本条对内模原材料的质量提出了要求。内模中各种有害物质的含量不应超过相关标准对结构混凝土的规定。内模中还应含有影响环境和人身健康的有害成分。

内模所用胶凝材料、增强材料均应符合国家现行有关标准的规定。若内模中氯化物、碱的含量过高,可能造成钢筋锈蚀或引起碱骨料反应,影响结构构件受力性能和耐久性,故应加以限制。

3.1.3 本规程将内模按形状分为筒形、箱形两种,每种又可分为空心、实心两种形式。本章主要对空心的筒形内模(简称筒芯)、箱形内模(简称箱体)提出了具体的质量要求。

3.1.4 对实心筒体、实心块体等内模,应符合有关标准的要求,具有满足施工要求的强度和韧性,防止施工过程中的变形和破损。

3.2 筒 芯

3.2.1 现浇混凝土空心楼盖结构中采用筒芯的外径和长度应根据计算和构造要求确定。本条列举了常用筒芯的外径和长度尺寸,主要考虑了筒芯的标准化生产。

为了保证筒芯布置的整体效果,筒芯长度的种类不宜过多。设计时应选择合适的筒芯长度和两个方向的肋宽。施工时筒芯可根据需要局部接长或截断。筒芯长度不宜过大,分段制作、分段安

装有利于在施工过程中避免损坏。综合筒芯制作、运输及施工操作等要求,筒芯长度一般不大于 2000mm。

3.2.2 本条是对筒芯外观质量的要求。筒芯在施工过程中需承受混凝土的压力以及施工荷载,故要求筒壁密实。筒芯制作时,应采取可靠措施保证封板与筒壁连接牢固,不致在运输、吊运、安装和混凝土浇筑时松动甚至脱落。为保证混凝土浇筑质量,对筒芯外表面的孔洞和影响混凝土形成空腔的其他缺陷作了限制。飞边、毛刺、蜂窝、贯通裂纹和外露纤维等外观质量缺陷不应影响成孔效果。

筒芯在埋入结构构件前,若发现有外观质量缺陷,可采取修补等措施处理。

3.2.3 本条规定了筒芯的尺寸偏差。筒芯作为形成空腔的内模,其尺寸偏差应控制在一定范围内,才能保证结构构件的形状尺寸满足设计要求。筒壁厚度应符合产品标准的要求。

3.2.4 本条列出了筒芯重量和径向抗压荷载两项技术指标,基本上反映了结构设计和施工对筒芯物理力学性能的要求。

为便于筒芯产品的标准化生产和设计选用,重量按常用外径分成 3 档。当设计文件有具体要求时,重量及其偏差尚应符合相应要求。

3.3 箱 体

3.3.1 正方形底面的箱体便于设计选用和安装施工。限制边长不大于 1200mm 是为了便于制作、运输、吊运和安装。当边长大于 600mm 时,在箱体中部设置竖向孔洞可有效保证箱体下部混凝土浇捣密实。箱体的棱边宜作倒角处理,以便于混凝土浇筑,并避免应力集中引起裂缝。

3.3.2 对箱体内模的密封性要求是为了避免浇捣时混凝土进入箱体内部。

3.3.3 本条是对箱体尺寸偏差的要求,应按本规程附录 A 的规

定进行检验。箱体壁厚应符合产品标准的要求。

3.3.4 本条列出了箱体重量和抗压荷载两项技术指标,基本上反映了结构设计和施工对箱体物理力学性能的要求。

4 结构分析

4.1 一般规定

4.1.1 现浇混凝土空心楼盖结构的整体布置应符合国家现行标准《混凝土结构设计规范》GB 50010、《建筑抗震设计规范》GB 50011、《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3 等的有关规定。

结构中各结构构件的传力途径应简捷明确,承载力应互相匹配,并应采取有效措施避免因局部失效而导致整体性破坏或连续倒塌。混凝土易于压碎的部位应设置局部加强的约束钢筋(包括箍筋及纵向构造钢筋)。

现浇空心楼板的平面内刚度略大于按体积等效的实心楼板。当结构整体分析需考虑楼板平面内刚度及传递水平力时,可按与之体积相当的实心楼板考虑。

4.1.2 现浇混凝土空心楼盖可采用多种支承形式。对不同的支承形式,可按本规程的规定采用不同的计算分析方法和构造措施。

4.1.3 柱支承板楼盖结构可根据楼板的跨度、厚度和荷载情况确定是否设置柱帽和托板。在工程实践中,可采用扁梁梁底与托板底面标高相同的方式,既可满足建筑布置要求,也有利于结构受力。

4.1.4 当内模为筒芯时,考虑到顺筒、横筒方向楼板截面刚度的差异,宜沿受力较大的方向布置筒芯。对于边支承双向板,筒芯宜沿短边方向布置;对无梁的柱支承板,筒芯宜沿长边方向布置;对带梁的柱支承板,可根据实际受力情况确定。

4.1.5 在楼盖各区格板的周边,应布置楼板实心区域,区格板边的梁或暗梁包括在楼板实心区域内。对需要验算受冲切承载力的板,柱周边还应根据冲切验算的要求设置实心区域。楼板实心区

域的构造应符合本规程第 6 章的有关规定。

4.1.6 楼板的空心截面不利于承受较大的集中荷载。在承受较大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。对于承受较大集中动力荷载(如较大机械设备等)的区格板,应采用实心楼板。

4.2 结构分析方法

4.2.1 现浇混凝土空心楼盖结构的设计应符合国家现行标准《混凝土结构设计规范》GB 50010、《建筑抗震设计规范》GB 50011 和《预应力混凝土结构抗震设计规程》JGJ 140 等的有关规定。

对于采用现浇空心楼盖的框架、剪力墙、框架-剪力墙、框架-核心筒、板柱-剪力墙、板柱-框架等结构,抗震设计时结构布置、房屋高度、结构构件的抗震等级以及框架-剪力墙、框架-核心筒、板柱-剪力墙、板柱-框架结构中的框架部分、板柱部分承担地震作用的比例应符合国家现行标准《建筑抗震设计规范》GB 50011、《预应力混凝土结构抗震设计规程》JGJ 140 的有关规定。高层建筑尚应符合现行行业标准《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3 的有关规定。

4.2.2 根据现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的有关规定,本条对现浇混凝土空心楼盖结构中扁梁框架的应用提出了要求。当现浇混凝土空心楼盖结构中的扁梁符合上述规范要求时,可按框架、框架-剪力墙、框架-核心筒结构类型确定房屋高度、结构构件的抗震等级等,并应按相应的抗震等级进行承载力计算并采取相应的构造措施。现浇预应力混凝土空心楼盖结构中扁梁的应用可按照行业标准《预应力混凝土结构抗震设计规程》JGJ 140-2004 第 4.2.7 条、第 4.2.8 条、第 4.2.9 条的规定执行。

扁梁不用于一级抗震等级的框架结构,但可用于框架-剪力墙、框架-核心筒结构中的一级抗震等级的框架。

4.2.3 “荷载效应组合设计值”为现行国家标准《建筑结构荷载规

范》GB 50009 中规定的称谓,在现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 中则称为“地震作用效应和其他荷载效应的基本组合”,又称“结构构件内力组合的设计值”。

确定楼板竖向永久荷载时,应考虑内模重量。

4.2.4 线弹性分析方法包括本规程第 4.4 节、第 4.5 节、第 4.6 节规定的分析方法及有限元法、有限差分法。

4.2.5、4.2.6 对楼盖布置规则的情况,本规程按边支承板楼盖、柱支承板楼盖推荐了计算方法。鉴于有限元技术已较成熟,对于大多数空心楼盖结构(特别是楼盖布置不规则时),均可采用有限元计算程序进行计算。

边支承板楼盖结构的内力分析包括楼板的内力分析和楼板周边支承构件的内力分析。

直接设计法和等代框架法是双向板楼盖结构内力分析的常用方法,在国外多本规范中已有详细规定,我国现行的国家、行业标准中也对这两种方法用于(无梁)板柱结构内力分析做出了相应规定。本规程在综合分析的基础上,规定了这两种方法可用于柱支承板楼盖结构的内力分析,并较详细阐述了这两种方法。

对于柱支承板楼盖结构,本规程推荐的方法中,第 4.6 节规定的方法可用于水平荷载、地震作用下楼盖结构的内力分析;在竖向均布荷载作用下,第 4.4 节~第 4.6 节的内力分析方法均可采用。同时承受竖向荷载、水平荷载和地震作用的结构,应按竖向和水平荷载(作用)分别计算,并按本规程第 5.1.3 条的规定进行组合。

本规程第 4.4 节~第 4.6 节的内力分析方法所适用的区格板宜为矩形,且承受竖向均布荷载、无较大的开洞。对于一般的集中荷载,可等效成均布荷载进行内力分析并设置适当的构造配筋;对于较大集中荷载或较大开洞的情况,应单独处理或采用其他分析方法。

现浇混凝土空心楼盖结构的内力分析,也可以采用满足平衡

和几何协调条件的其他方法设计,但要求该方法可使板的所有部位均满足承载能力极限状态和正常使用极限状态的设计要求。

4.2.7、4.2.8 弯矩调幅可使楼板配筋合理分布,使楼板承载能力极限状态和正常使用极限状态的设计较接近实际受力状况。对考虑弯矩调幅的结构构件,尚应满足正常使用极限状态验算的要求或采取有效的构造措施。

对于配置冷加工钢筋的楼板,弯矩调幅应符合相应规程的规定。

柱支承板楼盖的弯矩调幅仅针对竖向均布荷载,截面设计弯矩可由调幅后的竖向荷载的弯矩与水平作用的弯矩相组合得到。

4.3 边支承板内力分析

4.3.1 本条第1、2款定义了边支承板的支承条件,其余情况均为柱支承板。

当支承满足第1款或第2款的要求时,该区格板可按竖向刚性支承考虑,计算中可忽略周边支承的竖向变形,根据相邻区格板的荷载差别和支承的转动能力,区格板可按嵌固支承、简支支承或介于两者之间的弹性支承考虑。第1款规定的墙包括现浇混凝土墙和砌体墙。

当内区格板的周边现浇框架梁在荷载作用下的竖向变形较小时,楼板内力按周边竖向柔性支承与按周边竖向刚性支承的结果差异不大,为简化计算,可近似按竖向刚性支承考虑。

4.3.2 当长边与短边长度之比在2~3之间时,可按短边方向受力的单向板计算,但沿长边方向应布置足够数量的构造钢筋。

4.3.3 空心楼板中的筒芯布置符合本规程规定时,理论分析和试验研究均表明,空心楼板顺筒、横筒两个方向的弹性刚度相差不超过10%,可忽略楼板的各向异性,取与普通实心楼板相同的内力分析方法。

4.4 拟 梁 法

4.4.1 拟梁法是忽略了拟梁之间剪切和扭转影响的简化计算方法。对承受竖向均布荷载的多区格柱支承板楼盖采用拟梁法进行内力分析时,应根据楼盖的具体情况,选取包括边区格在内的多个区格,并取拟梁为连续梁进行分析。每区格内拟梁的数量应根据楼盖形式和计算要求确定,在同一方向上不宜少于5个。

拟梁的截面刚度应根据本规程第4.4.2条的规定确定,并应确定合理的程序输入截面和折算荷载。按拟梁法的内力分析结果进行承载力计算时,应取空心楼板的实际截面。

4.4.2 拟梁的抗弯刚度可取拟梁所代表的楼板范围内各区域的抗弯刚度之和。

当内模为筒芯时,按本规程图1(a)的规定,顺筒方向为筒芯轴线的方向,横筒方向则为与之垂直的方向。理论分析和试验研究均表明空心楼板两个方向的弹性刚度差异不超过10%,两个方向弹性刚度比主要与筒芯直径和板厚的比值相关。由于拟梁法同时考虑空心楼板的两个计算方向,楼板两个方向弹性刚度的差异对计算结果有一定的影响,本条第2款给出了板顶厚度和板底厚度相等、筒芯均匀布置时拟梁的截面抗弯刚度的计算公式,其中系数 γ 是根据常用外径(不大于500mm)筒芯的空心楼板进行有限元分析后给出的近似取值。公式中顺筒方向、横筒方向的拟梁宽度 s_1 、 s_2 为拟梁所代表空心楼板的实际宽度,不是程序输入截面的宽度。当板顶厚度、板底厚度不等时,顺筒和横筒方向楼板抗弯刚度可根据筒芯的实际位置计算。

4.5 直接设计法

4.5.1 直接设计法参考了美国ACI318规范的有关规定。直接设计法的分析原理与本规程第4.6节的等代框架法相同,是基于理论分析与试验校核给出的简化方法。如满足本条的限制条件,

直接设计法可方便地应用于承受竖向均布荷载的钢筋混凝土柱支承板楼盖的内力分析。

限制条件主要是为了保证楼盖与直接设计法弯矩分配系数的计算条件基本相符,避免造成较大的误差。第2款中区格的长宽、第3款中的跨度,均指柱轴线到柱轴线的距离。第1款的限制条件,主要是由于两跨楼盖的中间支座负弯矩值偏大;第2款、第6款的限制条件都是为保证楼板的双向受力;第3款的限制条件是为满足纵向受力钢筋切断点的构造要求;第4款的限制条件具体如图2所示,按此规定,柱子在规则柱网的累积总偏移不应超过偏心方向跨度的20%。

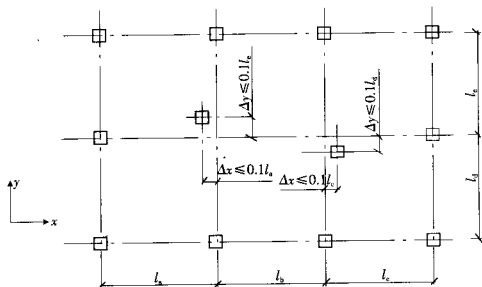
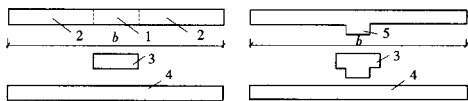


图2 柱子离相邻柱中心线的最大偏移

l_1 、 l_2 分别为计算方向、垂直于计算方向的轴线到轴线跨度。直接设计法按楼盖纵横两个方向分别计算,如图2,当 x 方向为计算方向时,则 x 方向的跨度为 l_1 、 y 方向的跨度为 l_2 ;当 y 方向为计算方向时,则 y 方向的跨度为 l_1 、 x 方向的跨度为 l_2 。当内模为筒芯时,空心楼板顺筒方向、横筒方向都可能成为直接设计法的计算方向。

无梁的柱支承实心板楼盖的 α 等于0,带梁的柱支承实心板



(a) 无梁的柱支承板

(b) 带梁的柱支承板

图3 空心楼盖梁、板截面抗弯刚度比值 α 计算

1—柱轴线楼板实心区域；2—楼板空心区域；3—惯性矩 I_b 的计算截面；

4—惯性矩 I_s 的计算截面；5—梁； b —计算板带的宽度

楼盖的 α 大于 0。对于现浇混凝土空心楼盖， α 的计算如图 3：无梁的柱支承板楼盖〔图 3(a)〕，梁抗弯惯性矩 I_b 按本规程第 4.5.8 条规定的柱轴线楼板实心区域计算，楼板的抗弯惯性矩 I_s 取整个计算板带实际截面计算；带梁的柱支承板楼盖〔图 3(b)〕， I_b 按本规程第 4.5.8 条规定的 T 形(或倒 L 形)截面计算， I_s 取不包括梁在楼板上、下凸出部分的计算板带实际截面计算。由以上分析可知，空心楼盖的 α 计算值总是大于结构平面轮廓尺寸相同的实心楼盖，无梁的柱支承板空心楼盖的 α 总是大于 0。

如通过计算分析可证明直接设计法在其他情况下仍满足平衡条件和几何协调条件，并保证安全性和适用性，则可不受本条的限制。

4.5.2 直接设计法的计算板带以区格板中心线为界，板带柱轴线

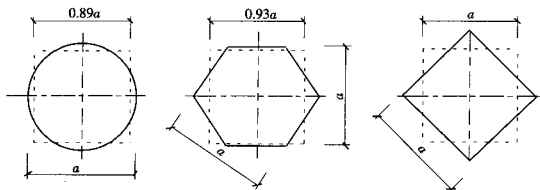


图4 支座等效宽度

上若有梁,也应包括在内。净跨指区格板内柱(柱帽或墙)侧面之间距离,当柱(柱帽)截面为圆形或规则多边形时可按等面积的方形支座处理,图4列出了几种常见的形式。

4.5.3 负弯矩的控制截面为按净跨考虑的支座侧面,对圆形或规则多边形支座按等面积方形支座考虑,同第4.5.2条条文说明。正弯矩的控制截面为跨中。

表4.5.3中系数的取值原则为正弯矩、内支座负弯矩取变化范围的上限,外支座负弯矩取变化范围的下限,因为多数情况下外支座负弯矩配筋的裕量较大,这个原则有利于保证各截面均具有可靠的承载力。

表4.5.3中的端跨支座约束条件如图5所示:(a)外边缘搁置在砌体墙上;(b)各支座处均有梁的柱支承板;(c)各支座处均无梁的柱支承板;(d)仅有边梁的柱支承板;(e)外边缘为剪力墙的情况。

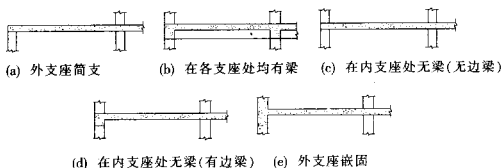


图5 计算板带端跨支座约束条件

4.5.4 对于承受竖向均布荷载的柱支承板,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4.5.4中分配系数为柱上板带承受弯矩在计算板带中的比值。分配系数为1.00的情况,表示计算板带在此截面的弯矩均由柱上板带承担,跨中板带按最小配筋率配筋即可。

本条规定的分配系数主要取决于 μ_1 、 β_1 两个参数,具体系数可通过表中数值线性插值得到。根据本规程第4.5.1条的规定,

空心楼盖的 μ_1 均大于 0, 给出 $\mu_1 = 0$ 的数值仅为线性插值计算方便。对带梁的柱支承板楼盖, 在板厚不变的情况下, 梁截面尺寸越大则 μ_1 的数值越大, 柱上板带的刚度也越大, 分配的弯矩也更多。

计算 β_1 时, 混凝土剪变模量按国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010-2002 取为弹性模量的 0.4 倍。 β_1 反映端支座处边梁对板的约束程度, 它对端跨的板带弯矩分配影响较大; β_1 较小时, 端跨的跨中板带所承受弯矩小, 弯矩主要由柱上板带承担; β_1 较大时, 柱上板带与跨中板带所承受的弯矩差别小一些。对边梁, β_1 等于 0 表示跨中板带和柱之间没有弯矩连系, 如板在端支座处搁置在砌体砖墙上; β_1 大于 2 则边梁抗扭接近刚性, 计算板带横向的弯矩分配也与内支座相同。

4.5.5 计算板带中不由柱上板带承受的弯矩设计值应按宽度的比例分配给两个半个跨中板带。对于与支承在墙上的柱上板带相邻的跨中板带, 由于墙的截面刚度较大, 则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, 为保证跨中板带具有足够的承载能力, 要求整个跨中板带承受另一个半个跨中板带弯矩设计值的 2 倍。

4.5.6 对带梁的柱上板带, 弯矩除分配给梁外, 其余弯矩由柱上板带的板承担。梁除承受柱上板带分配的弯矩外, 还应承受直接作用在梁上的集中荷载和线荷载产生的弯矩, 线荷载应包括梁在板上、下凸出部分的自重。

4.5.7 由于表 4.5.3 中的系数对端支座负弯矩取变化范围的下限, 为保证板和边柱间具有足够的受冲切承载力, 本条中取边柱由节点受剪承担的不平衡弯矩为 $0.3M_0$ 。

4.5.8 对带梁的柱支承板, 结构分析时梁周边的部分板应作为其翼缘共同受力。对边梁, 抗弯惯性矩计算截面为倒 L 形, 截面翼缘宽度为 $b_b + h_w$; 对中间梁, 抗弯惯性矩计算截面为 T 形, 截面翼缘宽度为 $b_b + 2h_w$, 其中 b_b 为梁宽度。

对无梁的柱支承板,由于空心楼板的刚度小于实心楼板,楼板空心区域按刚度相等的原则等效成实心楼板后,此时无梁的柱支承板可等效为实心带梁的柱支承板(如图6)。由此,本规程规定无梁的柱支承板中,梁的抗弯惯性矩可按柱轴线楼板实心区域确定。对非抗震设计,柱轴线楼板实心区域按本规程第6.3.1条第1款确定;对抗震设计,柱轴线楼板实心区域即为暗梁。

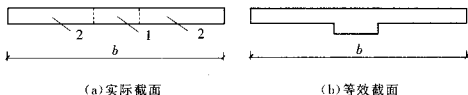


图6 无梁的柱支承空心板楼盖的刚度等效

1—柱轴线楼板实心区域;2—楼板空心区域

4.5.9 计算 I_t 时矩形的划分方法以使 I_t 最大为原则。梁抗扭惯性矩计算时,应取扣除内模后的实际截面。当内模为筒芯时,可按筒芯外接正方形扣除。

4.5.10 本条规定的是计算板带中楼板的抗弯惯性矩,不包括柱轴线上梁在楼板上、下凸出的部分。

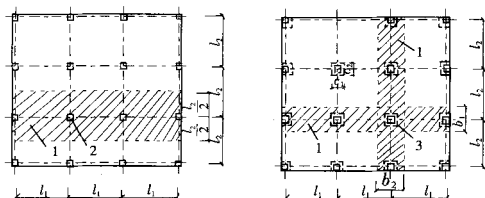
当内模为筒芯时,首先要确定计算方向是顺筒方向还是横筒方向,然后可按本条的规定确定计算方向、垂直于计算方向楼板抗弯惯性矩。本条给出的顺筒方向、横筒方向楼板抗弯惯性矩的计算公式均由楼板实心区域和楼板空心区域两部分组成,实心区域、空心区域的划分详见图6。采用直接设计法进行内力分析时按纵横两个方向分别计算,空心楼板两个方向抗弯惯性矩的差异对于计算结果影响较小。为简化计算,条文计算公式中楼板空心区域两个方向单位宽度范围内的截面抗弯惯性矩取为相等,均按顺筒方向确定。

4.6 等代框架法

4.6.1 对于不满足本规程第4.5.1条限制条件的承受竖向均布

荷载的柱支承板楼盖和承受水平荷载、地震作用的柱支承板楼盖，可采用等代框架法进行内力分析。

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框架，等代框架由连续梁和多个柱组成。等代框架梁的宽度为柱轴线两侧区格板中心线的距离〔图 7(a)〕，与本规程第 4.5.2 条规定的直接设计法计算板带宽度相同，此区域内的梁也包括在等代框架梁之内。每层楼盖及与其相连柱可单独进行分析，并假定柱与上、下层的楼盖固接。



(a) 竖向均布荷载作用下

(b) 水平荷载、地震作用下

图 7 楼盖等代框架梁的宽度

1—等代框架梁；2—柱；3—柱帽

在水平荷载、地震作用下，用来计算地震作用的重力荷载代表值应取整个楼盖内的楼盖自重标准值和可变荷载组合值之和，且应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的有关规定。此时等代框架不能取一层的框架，而应取从结构的底层到顶层所有的楼盖和柱组成的框架。等代框架梁的宽度 b_1 、 b_2 按图 7(b) 所示，并按下式计算：

$$b_1 = \min\left(\frac{3l_1}{4}, \frac{l_2 + c_2}{2}\right), b_2 = \min\left(\frac{3l_2}{4}, \frac{l_1 + c_1}{2}\right)$$

当不符合第 4 款的规定时，须考虑可变荷载的不利布置。

4.6.2 由于等代框架梁刚度的变化对等代框架法计算结果的影响较小，故竖向均布荷载作用下等代框架梁抗弯惯性矩的计算原

则与本规程第 4.5.10 条相同。本条与第 4.5.10 条的主要区别是轴线上楼板实心部分的惯性矩计算不同,第 4.5.10 条仅指楼板,而本条包括梁。对无梁的柱支承板,本条的公式与第 4.5.10 条相同。

4.6.3 水平荷载、地震作用下等代框架梁计算宽度与竖向荷载下不同。

4.6.4~4.6.6 竖向荷载作用下,等代框架柱由柱及柱两侧横向构件组成。等代框架柱的柔度为柱柔度和柱两侧横向构件柔度之和,构件的转动刚度与柔度互为倒数,由此可确定等代框架柱转动刚度 K_c 的计算公式。对无柱帽且无梁的柱支承板楼盖结构,柱的转动刚度可取 $K_c = \frac{4E_c I_c}{H_c}$,此公式为近似计算公式,柱转动刚度的精确结果可由第 4.6.4 条的规定确定。

4.6.7 当楼盖结构符合本规程第 4.5.1 条第 6 款的规定时,可满足本规程第 4.5.4 条~第 4.5.6 条给出分配系数的计算条件,可按上述各条沿等代框架梁宽度方向分配计算弯矩。

4.6.8 本条规定了采用等代框架法计算时的弯矩控制截面,对圆形或规则多边形支座按等面积方形支座考虑,同第 4.5.2 条条文说明。对于有柱帽的端跨外支座的特殊规定是为避免此种情况下外支座弯矩折减过多。

5 设计规定

5.1 承载力计算

5.1.1 现浇混凝土空心楼盖中的预应力筋通常采用无粘结预应力筋,但也可根据工程需要采用有粘结预应力筋。楼板配筋宜采用裂缝控制效果较好的带肋钢筋或焊接网片。各类构件的受拉钢筋、箍筋、受扭钢筋的配筋率和构造要求尚应符合相关标准的规定。

采用拟梁法等截面换算的方法进行空心楼盖结构的内力分析后,应按空心楼板的实际截面进行承载力计算。

5.1.2 边支承双向板楼盖的承载力计算结果可在保证安全的条件下进行调整。楼板的配筋尚应符合相关的构造要求。

楼板按弹性方法进行内力分析时,考虑到楼板正弯矩沿横向分布不均匀,第1款提出了楼板正弯矩的折减方法。两个方向楼板的最大正弯矩、负弯矩可取弹性计算的结果,也可取经调幅后的计算结果。

第2款规定参考了《钢筋混凝土结构设计规范》TJ 10—74的有关规定,在考虑楼盖整体薄膜效应的情况下提出了对区格板跨中和支座截面计算弯矩的折减方法。

5.1.3 对柱支承板楼盖结构,应对水平荷载、地震作用下的荷载效应与竖向荷载作用下的荷载效应进行组合。由于水平荷载、地震作用下等代框架梁的宽度与竖向荷载作用下不同,两种荷载效应只在本规程第4.6.1条第3款规定的宽度范围内进行组合,取全部水平荷载和地震作用产生的荷载效应和此宽度范围内竖向荷载产生的荷载效应,并在此宽度内配置受力钢筋。

5.1.4 结合空心楼板的特点,为保证结构的延性,对考虑弯矩调

幅空心楼板的截面受压区高度提出了要求。根据实际受力情况,受压区最小翼缘厚度 l 可为板顶厚度(正弯矩计算截面)或板底厚度(负弯矩计算截面),且相对受压区高度 $\xi=x/h_c\leq l/h_0$ 的条件均满足中国工程建设标准化协会标准《钢筋混凝土连续梁和框架考虑内力重分布设计规程》CECS 51:93 关于 ξ 的要求。

5.1.5 柱支承板楼盖可不进行受剪承载力计算,仅计算受冲切承载力即可。根据设计习惯和本规程的构造要求,当内模为筒芯时可不配置受力箍筋。

试验研究表明,顺向布置筒芯单向板的实际受剪承载力比按国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010—2002 中受剪承载力计算公式(取受剪计算宽度为顺筒肋宽 b_w)的计算结果偏大较多,这主要是由于上述规范公式未考虑翼缘参与受剪,也未计及肋宽的变化;横向布置筒芯单向板由于筒芯削弱了截面,对传递剪力造成不利影响,导致受剪承载力显著降低,在配筋与顺向布置筒芯单向板相同的条件下,受剪承载力约为其一半。本规程仍采用上述规范公式,结合以往对预制空心楼板受剪承载力的研究及编制组进行的两个方向布置筒芯单向板抗剪试验结果,在公式(5.1.5)中近似给出了空心楼板两个方向的受剪计算系数 β 。

当肋宽中布置预应力筋时,可考虑施加预应力对受剪承载力的提高。对于单向施加预应力的楼板,仅对施加预应力的方向考虑受剪承载力的提高。应根据预应力筋的布置间距 s 计算 V_p ,即用每根钢筋所提高的受剪承载力设计值乘以 $(b_w+D)/s$ 。对有粘结预应力筋,每根钢筋所提高的受剪承载力设计值应按国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010—2002 公式(7.5.4-3)确定;对无粘结预应力筋,根据行业标准《无粘结预应力混凝土结构技术规范》JGJ 92—2004 的相关规定,按国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010—2002 公式(7.5.4-3)计算,但无粘结预应力弯起筋的应力设计值应取有效预应力值 σ_{pe} 。

5.1.6 对内模为箱体的空心楼板,在箱体之间的肋梁中应配置抗

剪箍筋,可采用现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的受剪承载力公式计算。

5.1.7 本条综合国内外相关标准的规定,并结合空心楼盖的特点,提出了无梁的柱支承板楼盖结构受冲切承载力的计算要求。柱周围楼板实心区域范围应按本规程第 6.3.1 条的规定确定。

对配置箍筋的暗梁,受冲切承载力可按国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010—2002 公式(7.7.3-2)计算。

对于承受较大集中反力的板柱节点,可配置正交型钢剪力架或抗冲切锚栓,按现行行业标准《无粘结预应力混凝土结构技术规范》JGJ 92 的有关规定设计。

设置托板、柱帽时,形成冲切破坏的截面可能有几处,应分别计算以确定最不利的临界破坏截面。

第 4 款中 α_0 、 M_{unb} 均应按国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010—2002 附录 G 的相关规定确定,其中不平衡弯矩 M_{unb} 可按节点处上、下层柱在计算方向上的弯矩之和确定。

公式(5.1.7)是为了防止在极限状态下柱与楼板脱落,要求两个方向贯通柱截面的板底钢筋受拉承载力之和不小于该层柱承担的竖向荷载。对于边柱和角柱,贯通钢筋在柱截面对边弯折锚固时,取其截面的一半计算。

5.1.8 对带梁的柱支承板楼盖结构,区格板周边梁按其承受的弯矩、剪力、扭矩进行承载力计算,梁承受的剪力按图 8 规定的从属面积内竖向均布荷载确定,梁计算截面按本规程第 4.5.8 条规定的 T 形或倒 L 形截面考虑。

当 $0 < \mu_m < 1$ 时,楼板仅承担图 8 从属面积内竖向均布荷载产生剪力设计值的 $(1 - \mu_m)$ 倍,不平衡弯矩也参照此规定进行分配,由楼板受冲切承担的不平衡弯矩为总不平衡弯矩的 $\alpha_0(1 - \mu_m)$ 倍,其中 α_0 为国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010—2002 附录 G 中的计算系数。楼板受冲切承载力计算时,不考虑梁在板上、板下凸出的部分。

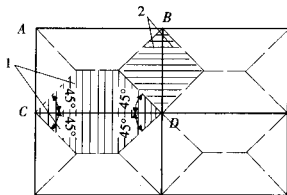


图 8 区格板中梁的从属面积

1- CD 梁的从属面积;2- BD 梁的从属面积

5.2 挠度和裂缝控制

5.2.1 国外规范中通常通过截面尺寸、配筋构造措施的限制条件来控制构件的挠度和裂缝宽度。考虑到我国的设计习惯和规范规定,本条仅提出了不作挠度、裂缝宽度验算的一般原则,设计时可根据实践经验采取有效的措施。应该指出,本规程第6.1.2条提出的跨高比不能保证空心楼板挠度、裂缝宽度的验算满足要求。

5.2.2、5.2.3 现浇混凝土空心楼盖挠度验算可按区格板进行。挠度可按结构力学方法确定,受弯构件刚度可根据国家现行标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 或《无粘结预应力混凝土结构技术规程》JGJ 92 的相关规定计算。

对于边支承双向板,可采用双向板弹性挠度计算公式按短跨最大弯矩处的刚度进行挠度计算;对柱支承板,可采用无梁的柱支承板弹性挠度计算公式按两个方向楼板中心处的刚度平均值进行挠度计算。

5.2.4 由于拟梁法忽略了拟梁之间的剪切和扭转,对挠度计算结果有一定的影响;区格板内拟梁数量的多少对拟梁法挠度的计算结果也有一定影响。如实践中对上述两种影响可做出合理的判断,则拟梁法可以用来计算现浇混凝土空心楼盖构件的挠度。

5.2.5 现行行业标准《无粘结预应力混凝土结构技术规程》JGJ 92 对无粘结预应力混凝土结构的裂缝控制提出了专门要求,应按该规程执行。

6 构造要求

6.1 一般规定

6.1.1 空心率的定义详见本规程第 2.1.5 条。

6.1.2 一般情况下,空心楼板的厚度大于相同跨度的实心楼板,故跨高比的要求稍严于实心楼板。在综合实践经验的基础上,本条对空心楼板跨高比提出了要求,工程设计时还可根据楼板的支承状态做适当的调整。

对于带梁的柱支承板,可参照第 1、2 款的要求,并结合工程实际情况确定合理的跨高比。

6.1.3、6.1.4 根据工程实践经验,提出了现浇混凝土空心楼盖中各尺寸参数的具体要求。

当内模为筒芯时,如筒芯沿顺筒方向间断布置,根据施工需要,横筒肋宽不应小于 50mm[图 1(a)]。

当内模为箱体时,为保证箱体顶部混凝土薄板具有足够的承载力,要求板顶厚度不小于箱体底面边长的 $1/15$,且不小于 50mm。

6.1.5 现浇空心楼板中需布置内模,采用分离式配筋可方便设计和施工。分离式配筋也可采用焊接钢筋网,应符合现行行业标准《钢筋焊接网混凝土结构技术规程》JGJ 114 的有关规定。

对边支承板楼盖结构,空心楼板中非预应力筋可在整个楼板范围内均匀布置,也可根据本规程第 5.1.2 条第 1 款的规定分区均匀布置;对柱支承板楼盖结构,应根据承载力计算结果在柱上板带、跨中板带内均匀布置。空心楼板中非预应力筋在满足钢筋最小间距要求的基础上,也可在筒芯顺筒肋宽、横筒肋宽及箱体间肋宽的范围适当集中布置,这样布置有利于钢筋在混凝土中的锚

固,且方便钢筋的安装施工。

当内模为筒芯时,为保证顺筒方向纵向受力钢筋的锚固性能,要求它与筒芯间净距不小于 10mm。在顺筒肋宽、横筒肋宽范围的构造配筋宜采用钢筋网片,此构造钢筋主要为防踩塌及筒芯定位而设置,受剪计算时不予考虑。

当内模为箱体时,为保证所有纵向受力钢筋的锚固性能,要求其箱体之间的净距不小于 10mm。对箱体间的肋梁,按本规程第 5.1.6 条规定配置的箍筋可起到防踩塌及箱体定位的作用。

6.1.6 配筋率按楼板实际截面面积计算偏于安全。当内模为筒芯时,边支承单向板受力方向多为顺筒方向,此时横筒方向按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定进行配筋即可,其计算截面可取为与顺筒方向相同;对于边支承双向板和柱支承板,因达到承载能力极限状态时楼板横筒方向与顺筒方向承载力相近,故单位宽度内纵向受力钢筋最小配筋量在两个方向宜取相同。

6.1.7 现浇混凝土空心楼盖角部处于复合受力状态,且较易因温度、收缩产生裂缝,应配置专门的构造钢筋。对于边支承板,在楼盖角部除应按国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010—2002 第 10.1.7 条布置构造钢筋外,还应加配本条规定的构造钢筋。

楼盖阳角构造钢筋配置在阳角所在角区格板内,并在周边墙或梁内按受拉钢筋锚固。楼盖阴角构造钢筋配置在楼盖阴角两边延长线所围成的区格板内,并延伸到周边区格板内,延伸长度可取为周边区格板短边跨度的 $1/4$ 。

双向垂直布置的构造钢筋可穿插在受力钢筋平面内,不会增加配筋层厚度,有利于保证楼板混凝土保护层厚度。根据钢筋布置条件,也可采用斜向构造钢筋。斜向构造钢筋在板顶、板底均应垂直于开裂方向布置。内模为筒芯时,计算构造钢筋配筋面积时计算截面均可按顺筒方向考虑。

6.1.8 现浇空心楼板对于开洞的要求与实心楼板区别不大。对

于开洞较大的空心楼板,除计算楼板承载力并采取可靠构造措施外,在结构分析中还应根据有关规范的规定考虑楼板平面内变形的影响。

6.2 边支承板楼盖

6.2.1 边支承板楼盖中,梁、板的配筋和相应的构造措施要求均应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010、《建筑抗震设计规范》GB 50011 的有关规定。

6.2.2 为保证板边支承传力可靠,在支承边楼板实心区域内应配置构造钢筋。

6.3 柱支承板楼盖

6.3.1 楼板实心区域应根据受力状态配置适当数量的钢筋。第3款中的冲切破坏锥体底面线可按国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010—2002 图 7.7.1 确定。对于无梁的柱支承板楼盖,应按本条第 1、3 款确定楼板实心部分的范围;对于带梁的柱支承板楼盖,应按本条第 2、3 款确定。

6.3.2 托板有利于增加节点抗冲切承载力,也可减少托板支座处的负弯矩钢筋,但应满足托板最小厚度的要求。计算板面配筋时,应对柱边及托板边缘处分别计算,并取配筋较大值。

6.3.3 本条参考了美国 ACI 318 规范及国家标准《钢筋混凝土升板结构技术规范》GBJ 130—90 中对无梁的柱支承板楼盖结构配筋构造的规定,并根据国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010—2002 的规定对上述规范的内容做了适当调整。对带梁的柱支承板楼盖结构,由于试验研究较少,本规程近似采用了与无梁的柱支承板楼盖结构相同的配筋构造规定。当有可靠依据时,也可根据结构实际情况对配筋构造作适当调整。相邻区格板跨度不同时,应按此方向净跨较大的区格板确定延伸长度。

6.3.4、6.3.5 抗震设计时,在柱上板带中心部位一定区域内应设

置暗梁作为受力的核心部位,且对暗梁应采取一定的加强构造措施。

6.3.6 抗震设计时,带梁的柱支承板楼盖中梁的设置应至少起到本规程第 6.3.4、6.3.5 条规定的暗梁的作用,梁的截面抗弯惯性矩和承载力不应小于上述规定的暗梁。梁及其翼缘的配筋应符合本规程第 6.3.5 条第 1 款的规定,构造可参照本规程第 6.3.5 条第 2、3 款的规定执行。

6.3.7 对扁梁、扁梁框架的梁柱节点核心区,应根据现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的有关规定进行抗震验算,并应符合相应的构造要求。

6.3.8 以柱纵向受力钢筋直径的 16 倍控制板厚,是为了保证板柱节点的抗弯刚度。

7 施工及验收

7.1 一般规定

7.1.1 现浇混凝土空心楼盖结构的施工及验收包括模板、钢筋、混凝土等分项工程,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 的有关规定。对无粘结预应力混凝土空心楼盖的施工和验收尚应符合现行行业标准《无粘结预应力混凝土结构技术规程》JGJ 92 等的有关规定。

7.1.2 根据国家标准《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300—2001 和《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204—2002 的有关规定,对现浇混凝土空心楼盖施工现场和施工项目的质量管理体系和质量保证制度提出了要求。施工单位应实行生产控制和合格控制的全过程质量控制。

现浇混凝土空心楼盖的专门施工技术方案应包括施工工序、设备、操作、问题处理等针对性内容。施工技术方案应按程序审批,对涉及结构安全和人身安全的内容,应有明确的规定和相应的措施。

7.1.3 内模作为现浇空心楼盖的成孔物,在构件中起到规范成孔形状的作用,故应按模板分项工程进行施工质量控制和验收。内模的安装对于混凝土的成型质量至关重要。这里所指成型质量包括混凝土的强度、密实性、构件中实际成孔的形状、大小和相对位置。内模安装与钢筋安装一样,在混凝土浇筑后难以检查实际质量等,应进行隐蔽工程验收。

7.1.4 对跨度较大的现浇钢筋混凝土梁、板,考虑到自重的影响,适度起拱有利于保证成型后构件的形状和尺寸。执行时应注意本条的起拱高度未包括设计起拱值,而是只考虑消除模板本身在施

工荷载作用下的下垂。因此,起拱对钢模板体系可取偏小值,对木模板体系宜取偏大值。

国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204—2002 中对模板的起拱高度规定为跨度 $1/1000 \sim 3/1000$ 。现浇混凝土空心楼盖适用的跨度较大,易引起视觉偏差。为稳妥起见,本条规定的起拱高度下限值适当增大。预应力混凝土构件的起拱应按设计计算和施工验算确定。

7.1.5 相对于混凝土实心楼盖而言,由于需要安装内模,且内模的位置对于保证工程质量比较重要,混凝土空心楼盖施工时对钢筋、内模和预留、预埋设施位置的要求更高。工程实践表明,采取划线或拉线等措施有利于保证其位置准确,是质量控制的有效措施。

7.1.6 在混凝土浮力及振捣扰动作用下,内模容易发生漂浮、移位,甚至造成楼板局部上浮和钢筋移位,故在施工过程中应采取固定内模和楼板的措施,必要时抗浮措施应经验算。

7.2 内模验收

7.2.1 产品合格证、出厂检验报告属于内模产品的质量证明文件。通常应列出产品的主要性能指标;当用户有特别要求时,还应列出某些专门的检验数据。产品合格证、出厂检验报告也可合并出具。

筒芯和箱体进场时,除应检查产品合格证、出厂检验报告外,尚应进行进场抽样检验,即进场复验。

筒芯和箱体的出厂检验项目应根据产品标准确定。筒芯和箱体的进场抽样检验项目包括外观质量、尺寸偏差、重量、抗压荷载,必要时可增加其他检验项目。进场检验项目的质量要求应符合本规程第3章的有关规定。检验方法在本规程附录A中给出。

进场检验时应注意同一检验批的限定条件和抽样数量的规定。当一次进场的数量大于该产品的进场检验批量时,应划分为

若干个进场检验批,然后按进场检验的抽样方案执行;当一次进场的数量小于该产品的进场检验批量时,也应作为一个检验批,按进场检验的抽样方案执行。

内模进场抽样检验完成后,应出具进场复验报告,以反映进场内模的实际质量,并作为该批内模在工程中应用的依据。

对外观质量不符合要求的内模,可在现场进行修补;对无法修补的内模,不得用于工程。

7.2.2 本条给出了内模尺寸偏差量测结果的判定方法。严重超差是指某项目检验时出现影响混凝土成型质量的过大尺寸偏差。

7.2.3 本条给出了内模物理力学性能检验结果的判定方法。当一次检验不合格时,可加倍抽样检验。

7.2.4 其他内模进场时,也应检查产品合格证、出厂检验报告,并对其外观质量、尺寸偏差、物理力学性能进行进场抽样检验。

7.2.5 对本规程未作规定的抽样检验项目,可由各方协商确定。

7.3 施工质量控制

7.3.1 图 7.3.1 列出了现浇混凝土空心楼盖施工的主要工序,图中“采取抗浮技术措施”与“板面钢筋安装”可先后进行,也可同时进行(为利用板面钢筋采取整体抗浮措施的情况)。与普通楼盖施工相比,主要区别在于内模安装、对内模采取抗浮措施、预留预埋设施处理以及混凝土浇筑时的特殊要求。施工时应按照施工方案和本节的规定执行。

7.3.2 当在内模间肋宽范围内无粘结预应力筋成束布置时,为了有效控制预应力筋的位置,便于混凝土浇筑和预应力筋张拉,可将预应力筋并束绑扎,并在张拉端或锚固端将预应力筋分散布置。预应力筋张拉端采用穴模有利于锚具的封闭保护。

7.3.3 在施工过程中,内模应免受撞击和挤压。在运输、堆放以及吊运时,均应小心轻放,禁止甩扔。宜由专用的吊篮吊运内模,以防止损坏。

7.3.4 内模的位置准确和整体顺直对于满足设计条件非常重要,应严格要求。这里所指的位置包括内模的绝对位置和内模与相邻构件之间的相对位置。内模竖向位置的过大偏差将导致板顶厚度、板底厚度不能满足设计要求,板的承载能力将受到影响,或受力钢筋的保护层厚度不满足要求。内模横向位置的过大偏差将导致空心板肋间混凝土的尺寸不满足设计要求,板的实际截面尺寸将不符合设计条件。

7.3.5 在施工中筒芯可能需要接长或截短使用。接长时可将筒芯直接对接或截断后对接;截短时可将筒芯截断,并进行封堵。

7.3.6 施工过程中,应采取措施防止内模损坏。板面钢筋绑扎之后,对发生损坏的内模,应采取填充麻袋、粘贴胶带纸或其他有效的封堵措施,以保证内模形状及密封。

7.3.7 在混凝土浇筑时,空心楼板中的内模受到浮力和振捣作用,可能导致内模上移甚至楼板局部上移,如不采取可靠的抗浮技术措施则会严重影响楼板的施工质量。

防止内模在浇筑混凝土时上浮的技术措施可根据实际情况确定。对单个内模与楼板底模均应采取经实践检验的抗浮技术措施。在采取抗浮技术措施之前,应保证内模底部设计标高的准确,并检查确认内模位置、间距以及区格板周边和柱周围混凝土实心部分的尺寸满足设计要求。

工程实践中采用的抗浮技术措施较多,本规程不做具体规定。

7.3.8 管线的预留、预埋应与钢筋和内模的安装互相配合,交叉进行。在施工技术方案中对此应有明确规定和具体措施,避免在钢筋和内模安装后再进行预留、预埋施工,造成施工困难。

7.3.9 楼板实心区域是指区格板周边的混凝土实心带和柱周围的混凝土实心部分。预留、预埋施工时,水平管线、电线盒等原则上应避开内模。当无法避开时,可采用本条规定的避让措施。因避让而造成的内模破损应及时封堵,以免混凝土浇筑时进入内模空腔内。在管线集中处换用小尺寸内模可有效避让管线,也不致

造成楼板断面的较大变化。

7.3.10 根据本规程第 7.1.3 条的规定,在浇筑混凝土之前,现浇混凝土空心楼盖除应按现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 对钢筋、预留、预埋设施的安装质量进行隐蔽工程验收外,尚应对内模安装进行隐蔽工程验收。内模的隐蔽工程验收可反映内模安装施工的综合质量,在浇筑混凝土之前验收是为了确认内模的规格、数量、位置、定位和抗浮技术措施等是否满足要求,以确保混凝土浇筑前楼盖的综合施工质量。

内模安装的检查验收通常可与混凝土结构工程中模板安装的检查验收同时进行,检验批的划分也与模板安装相同。

在浇筑混凝土前对有吸水性的内模浇水湿润,是为了降低内模的继续吸水能力,避免影响结构混凝土的质量。

7.3.11 空心楼板中,内模之间肋宽和板底厚度相对较小,为保证混凝土振捣密实,粗骨料的粒径不宜过大。

7.3.12 施工人员直接踩踏内模或施工机具直接放置在内模上,可能造成内模破损,影响结构构件成型质量,故应避免。

7.3.13 浇筑混凝土时,内模在混凝土浮力和振捣作用下,可能出现上浮、位置偏移或破损等情况。为避免事故和缺陷,保证工程质量和施工安全,提出了对内模进行观察、维护和发生异常情况及时处理的要求。

7.3.14 施工经验表明,现浇混凝土空心楼盖采用泵送施工并一次浇筑成型可保证工程质量。一次浇筑成型指在楼板厚度方向不采用二次浇筑方法。混凝土卸料应均匀,避免堆积过高损坏内模。内模之间的肋宽一般较小,为保证混凝土振捣密实,可采用小型振动棒或高频振动片,并避免触碰内模、预应力筋和定位马凳。

7.4 空心楼盖结构质量验收

7.4.1 现浇混凝土空心楼盖施工所用材料包括内模、钢筋以及混凝土的各种原材料。对预应力混凝土工程,还包括预应力筋、锚

具、夹具和连接器等。各种原材料进场时均应进行抽样检验,其质量应符合相应标准的规定。应遵照现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 中对各种原材料进场检验的有关规定执行。

7.4.2 根据本规程第 7.1.3 条的规定,现浇混凝土空心楼盖中内模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。内模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,内模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,内模的安装不参与混凝土结构子分部工程的验收。

附录 B 给出了内模安装检验批、模板分项工程的质量验收记录表。施工质量验收程序、组织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。其中,检验批的检查层次为:生产班组的自检、交接检;施工单位质量检验部门的专业检查和评定;监理单位(建设单位)组织的检验批验收。

在施工过程中,前一工序的施工质量未得到监理单位(建设单位)的检查认可,不应进行后续工序的施工,以免质量缺陷累积,造成更大损失。

根据有关规定和工程合同约定,对工程质量起重要作用或有争议的检验项目,应进行由各方参与的见证检测,以确保施工过程中的关键质量得到控制。

7.4.3 国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204—2002 第 10.2.1 条规定的文件和记录反映了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。其中,内模的合格证、出厂检验报告和进场复验报告,以及内模隐蔽工程验收记录是现浇混凝土空心楼盖结构验收时专门要求的。

附录 A 内模进场检验方法

A.0.1、A.0.2 进场检验时,应对筒芯和箱体的尺寸进行检查,以确认其满足相应的规格要求。

A.0.3 重量是对内模进行技术经济比较的重要指标,本条规定了检验方法。

A.0.4、A.0.5 放置压板是为了便于加载。压板(对筒芯为弧面压板;对箱体为平压板)面积的确定考虑了筒芯或箱体在施工时承受集中荷载的面积。为保证均匀传力,可在内模试件与压板、垫板之间设置柔性垫层。

A.0.6 为便于筒芯和箱体进场检验记录,本条根据本规程第 3 章和第 7.2 节的有关规定,给出了记录表格。

附录 B 质量验收记录

B.0.1 检验批的质量验收记录应由施工项目专业质量检查员填写。由监理工程师(建设单位项目专业技术负责人)组织项目专业质量检查员等进行验收。

本条给出的检验批质量验收记录表也可作为施工单位自行检查评定的记录表格。

B.0.2 分项工程质量应由监理工程师(建设单位项目专业技术负责人)组织项目专业技术负责人等进行验收。

分项工程的质量验收在检验批验收合格的基础上进行。一般情况下,两者具有相同或相近的性质,只是批量大小可能存在差异,因此,分项工程质量验收记录是各检验批质量验收记录的汇总。