

轻型隐梁框架砌块 轻墙建筑

抗震结构体系实用设计

舒庆碧 编著

QINGXING YINLIANG KUANGJIA QIKUAI
QINGQIANG JIANZHU

**KANGZHEN
JIEGOU**

TIXI SHIYONG SHEJI

知识产权出版社

TU360.4/6

2008

轻型隐梁框架砌块轻墙建筑

抗震结构体系实用设计

舒庆碧 编著

知识产权出版社

责任编辑:孔 玲

责任校对:韩秀天

装帧设计:李菲琳

责任出版:杨宝林

图书在版编目(CIP)数据

轻型隐梁框架砌块轻墙建筑抗震结构体系实用设计/
舒庆碧编著. —北京:知识产权出版社,2008.1

ISBN 978-7-80198-842-3

I. 轻… II. 舒… III. 砌块结构—结构设计:抗震设计 IV. TU360.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 195840 号

轻型隐梁框架砌块轻墙建筑 抗震结构体系实用设计

舒庆碧 编著

出版发行:知识产权出版社

社 址:北京市海淀区马甸南村 1 号

邮 编:100088

网 址:<http://www.ipph.cn>

邮 箱:bjb@cnipr.com

发行电话:010-82000893 82000860 转 8101

传 真:010-82000893

印 刷:北京凯达印务有限公司

经 销:新华书店及相关销售网点

开 本:880mm×1230mm 1/32

印 张:2.75

版 次:2008 年 1 月第 1 版

印 次:2008 年 1 月第 1 次印刷

字 数:44 千字

定 价:10 元

ISBN 978-7-80198-842-3/TU·260(1875)

版权所有 侵权必究

如有印装质量问题,本社负责调换。

目 录

第一章	概述	1
第二章	主体结构	6
第一节	密肋楼板	7
第二节	框架梁	17
第三节	框架柱	35
第三章	打造耐震的框架轻质砌块墙体系	37
第四章	“轻隐”建筑结构实用设计	45
第一节	配套措施	45
第二节	设计实例	48
附表 1	A 型框架纵横梁受弯承载力及受剪承载力表	54
附表 2	B 型框架纵横梁受弯承载力及受剪承载力表	55
附表 3	C 型框架纵横梁受弯承载力及受剪承载力表	56
附表 4	密肋 $XYL \times \times \times \times$ 受弯承载力、受剪承载力及 B_s ...	57
	外墙负荷风载承载力表	57
	悬臂柱负荷风载承载力表	57
附图 1	上部建筑结构设计说明	插页
附图 2	密肋楼盖大样	插页
附图 3	框架横梁大样(框架柱顶构造)	插页
附图 4	框架纵梁大样(框架柱顶构造)	插页
附图 5	A 型配套楼梯(使用活载 2kPa)	插页

轻型隐梁框架砌块轻墙建筑(以下简称“轻隐”),顾名思义,是一种主要特征为建筑物自重轻,采用轻质砌块作墙,且将梁隐藏起来的框架建筑。它集密肋楼盖、宽型梁、中强钢筋、新型轻质砌块墙于一体,适用于住宅及一般民用建筑,具有诸多突出优点。其平面、剖面示例见图 1-1。

现将其优点分述如下:

1. 自重轻

与砖混建筑相比,由于采用自重最轻的单向密肋板作楼屋面板,围护墙及分隔墙均采用新型轻质墙材,构成良性因果关系,使地震反应减轻,梁、柱、基础截面减小。故“轻隐”建筑的自重远低于砖混建筑。根据对已建“轻隐”住宅建筑的统计,建筑物自重均小于 $600\text{kg}/\text{m}^2$,而砖混住宅自重则在 $1000\text{kg}/\text{m}^2$ 以上。

2. 材耗低

由于楼板及墙重量轻,梁、柱、基础截面小;梁板用中强

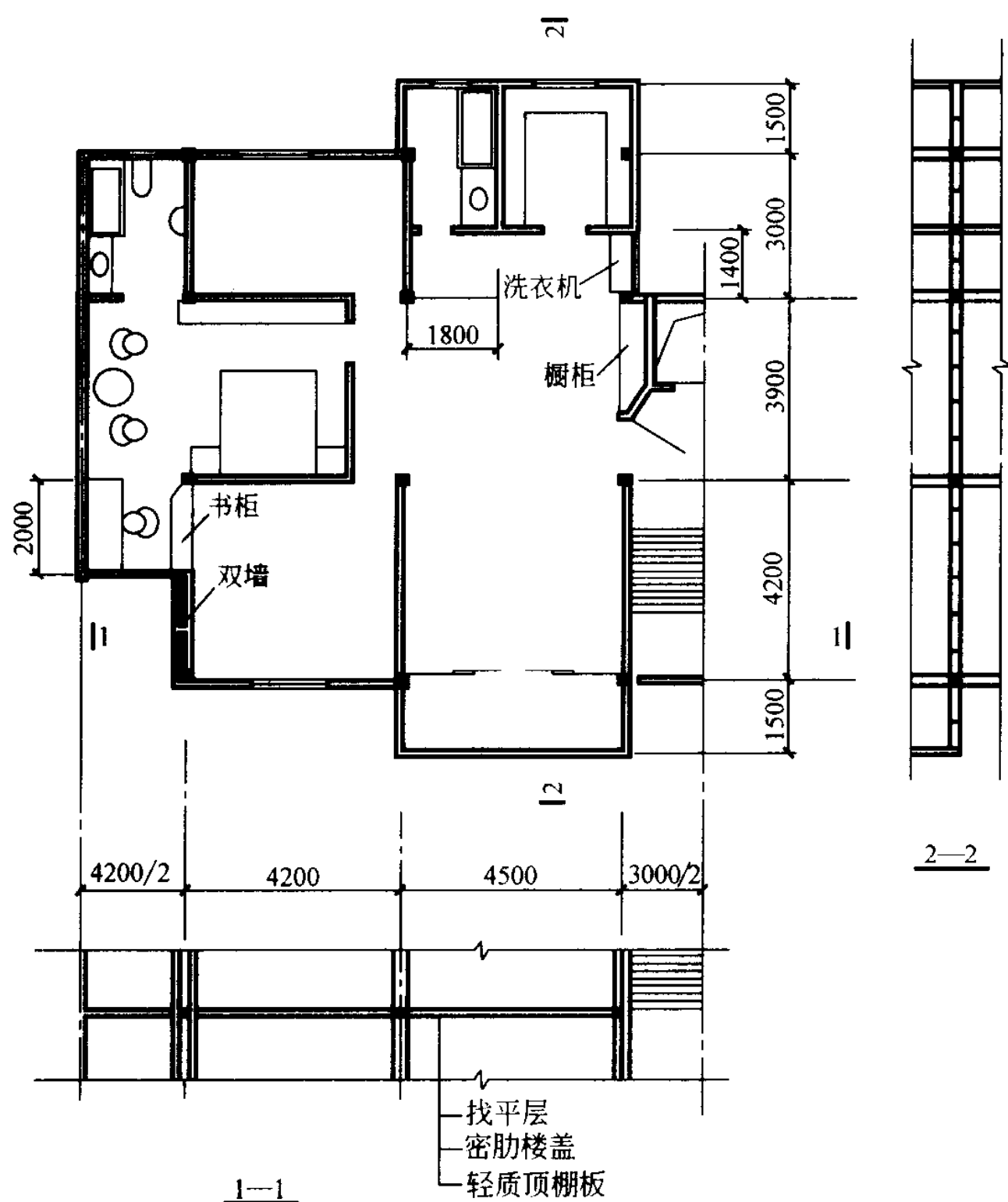


图 1-1 “轻隐”建筑示例图

钢筋作主筋；密肋楼板耗钢量少；宽型梁截面高度小，使压缩及沉降差的次弯矩减小，且省却了高截面梁的构造筋；对结构构造做了精心研究等，故有效地降低了钢材及水泥耗量。6度抗震设防区、11层以下的“轻隐”住宅，钢耗约为 $13\sim 15\text{kg}/\text{m}^2$ ，水泥耗量仅为 $140\sim 150\text{kg}/\text{m}^2$ ，低于砖混住宅。

3. 能耗少

由于材料低,降低了材料生产能耗,且围护墙及分隔墙均采用新型轻质砌块墙,这种墙材大都具有良好的热功性能,能有效地节约使用期能耗。此外,这些轻质墙材多为汽养或蒸养成型,制作这些墙材的能耗,亦远低于烧结砖。同时材料低及自重轻又会进一步节约运输能耗。故体系能耗少。

由于“轻隐”的窗顶平天面,消除了无效对流空间,增加了视觉层高,故可相应降低建筑层高,从而进一步节约能源及降低材料。

4. 抗震好

由于建筑物自重轻,抗侧力刚度适中,故地震反应较小。且若干非承重砌块墙的设置,构成了建筑物的第一道抗震防线,遭遇强地震时,非承重砌块墙首先破坏,消耗了地震能量,有效地保护了主体结构。同时因墙体较轻,其破坏不易伤及人员,确保人身安全,震后修复亦较简便。故“轻隐”建筑的抗震性能远优于砖混结构。

5. 造价低

由于钢材及水泥耗量均低,砌块亦属廉价材料,故造价低廉。根据对已建“轻隐”住宅的统计,低层“轻隐”持平砖混住宅,高层“轻隐”住宅的造价则低于其他结构体系。与砖混住宅相比,有效使用面积还将净增 8%~10%。

6. 不毁田造砖

“轻隐”建筑完全不用烧结黏土砖,可大量利用工业废渣及易采集地方原材料制造新型墙材,故“轻隐”建筑极利于保护良田熟土及生态环境,造福子孙后代。

7. 分隔灵活

由于天面不露梁肋,既给设计者提供了灵活分隔,以满足不同使用要求的宽松条件,又可根据用户的不同需求,在不改变主体结构设计的前提下,再度灵活分隔,极大地体现了建筑以人为本的设计原则。

8. 施工方便

“轻隐”住宅的施工,除需就地或工厂预制小肋、构件截面较小而不能粗制滥造外,与普通钢筋混凝土框架并无不同处。“轻隐”建筑自重较轻,其材料运输量低于砖混结构及普通钢筋混凝土框架体系,基础施工难度低于普通框架及砖混结构。

9. 对复杂建地的适应性强

由于建筑物自重轻,仅有较少的柱基在施工时需扰动地基,对地基的干扰小且轻,只要处置得当,一般不会造成工程地质灾害。故“轻隐”建筑不仅可在平原修建,也可在山区边坡地带修建。

“轻隐”框架建筑和其他框架建筑一样,有露柱的缺点。但是由于“轻隐”的柱截面较小,露柱的影响亦较小,且天面不露梁肋,极易利用墙体分隔及其他措施,消除或减少露柱缺点。做法参见图 1-1。

“轻隐”建筑问世已逾 10 年,已建建筑面积约 10 万平方米,使用情况良好。在已建“轻隐”建筑中,建在重庆南坪地区的某商住楼,因内部结构体系能灵活分隔,故用户于使用时,将临街二层内隔墙部分拆除,改成大空间的银行储蓄所;11 层巫山县科委轻隐体系示范综合楼,建在经地质鉴定为慎建区的斜坡下段。该设计采用依山就势,逐层向上扩

展平面,用挖孔桩将边坡区段框架柱负荷传至下卧稳定基岩,桩顶加锚,并沿斜坡面设桩顶基础连梁等措施,使该工程顺利竣工并投入使用。

“轻隐”建筑具有上述诸多优点,尤以自重轻、材耗低、能耗少、造价省、抗震好等优点最为显著,完全符合国家当前提出的全面落实科学发展观、建设节约型社会、建造节能降耗建筑的要求,确是一种优良的建筑结构体系。

主体结构

“轻隐”建筑的主体结构构件不同于一般结构构件。根据“轻隐”适用范围,将楼盖按厚度 h 划分为 A、B、C 三种型号。A 型 $h=200\text{mm}$, 柱距 $\leq 4.5\text{m}$, 适用于房间分隔不大的住宅; B 型 $h=250\text{mm}$, 柱距 $\leq 6\text{m}$, 适用于一般民用建筑(使用活载 $\leq 3.5\text{kPa}$); C 型 $h=300\text{mm}$, 柱距 $\leq 7.2\text{m}$, 适用于需大开间柱距的一般商业建筑(使用活载 $\leq 3.5\text{kPa}$)。

本章将以 A 型“轻隐”住宅为例,对“轻隐”住宅建筑主体结构的特点,作全面分析,尽可能准确地反映“轻隐”建筑主体结构构件的特点、承载能力及正常使用极限状态,使读者对“轻隐”建筑有更深入的了解,便于结合工程实际,灵活应用附表中数据,以弥补施工允许误差对小截面构件的不利影响。

在本章分析计算中,梁、肋纵向受力主筋 ϕ^R 表示:

直径等于 5 或 6,为 CRB650 冷轧带肋钢筋,

$$f_y=430\text{N/mm}^2, f'_y=360\text{N/mm}^2, E_s=1.9\times 10^5\text{N/mm}^2$$

7 $\leq$ 直径 ≤ 12 ,为 CRB550 冷轧带肋钢筋,

$f_y = 360\text{N/mm}^2, f'_y = 360\text{N/mm}^2, E_s = 1.9 \times 10^5 \text{N/mm}^2$

直径 >12 ,为 HRB400、HHB400 热轧钢筋,

$f_y = 360\text{N/mm}^2, f'_y = 360\text{N/mm}^2, E_s = 2.0 \times 10^5 \text{N/mm}^2$

直径 ≤ 8 时,2 根筋可并扎,合占 1 个筋位。

第一节 密肋楼板

楼板分布面广,减薄楼板厚度,对减轻建筑自重具有重要作用。楼板又是传递使用荷载的第一承重构件,其自重的减轻,将带来良性因果关系,导致梁、柱、基础截面减小,配筋降低。因此,要想减轻建筑自重、降低耗材及造价,应从研究楼板入手。根据前人研究成果,在普通钢筋混凝土楼板中,以密肋板平均厚度最薄,钢耗最少,造价最低。故“轻隐”建筑选择单向密肋楼盖作为楼屋面板。在肋下直接

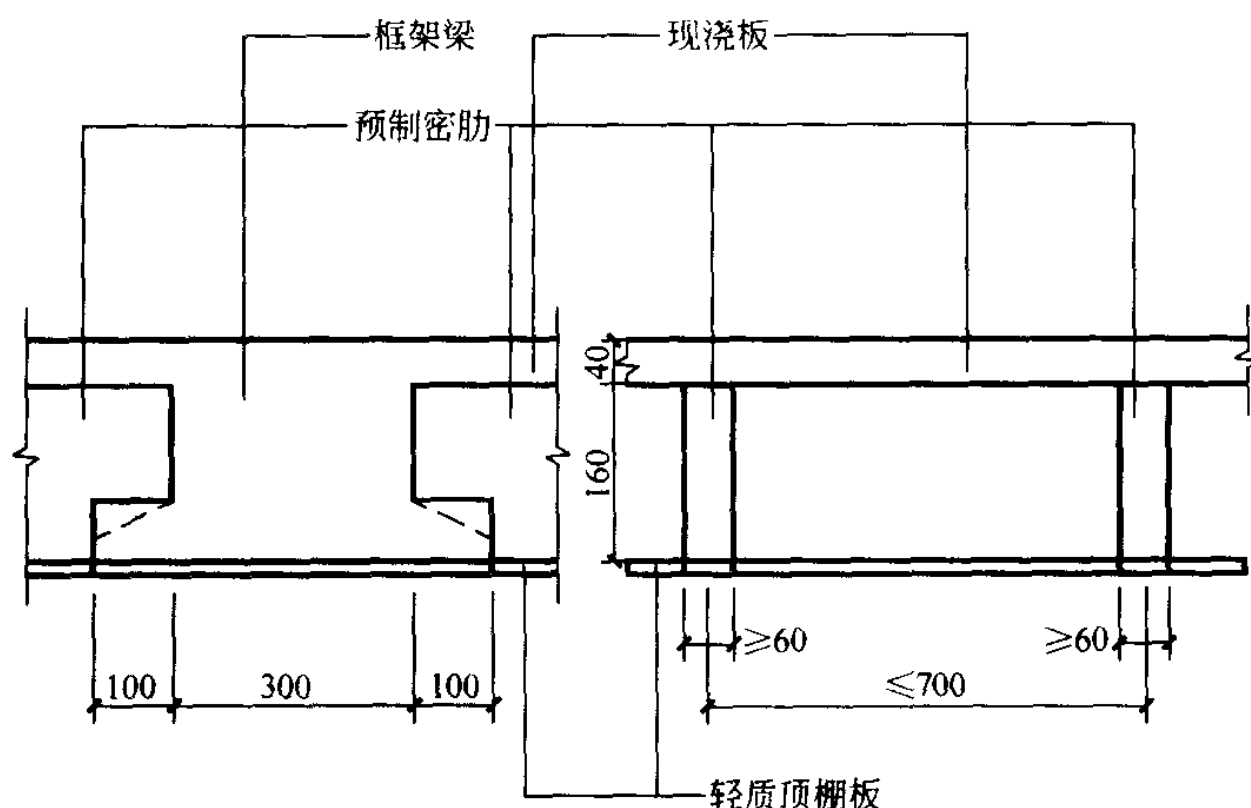


图 2-1 密肋楼板构造图

贴轻质顶棚板,将梁、肋隐藏起来。顶棚的设置,虽使造价略有上升,但利于埋设管线,且提高了房屋装修档次(也可于装修时由用户自行解决顶棚)。密肋楼板构造见图 2-1。

一、现浇板

根据《混凝土结构设计规范》GB 50010—2002 的规定,密肋板的肋距小于或等于 700mm 时,板的最小厚度可为 40mm。故“轻隐”建筑采用肋距 $\leq 700\text{mm}$ 、板厚 $=40\text{mm}$ 的单向密肋楼盖作为楼屋面板。肋间净距 $\leq 640\text{mm}$,板净跨仅为板厚的 16 倍,故板的刚度满足要求。以下分析现浇板的承载能力。

1. 素混凝土板承载能力

板按 C20 混凝土浇注、一般活载的多跨连续板弹性内力计算。

$$(1) \text{ 荷载: 静载 自重 } 0.04 \times 30 = 1.2$$

$$\text{面层 } 0.65 \times 1.2 = 0.78$$

$$g = 1.98 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{活载 } P = 1.4 \times 2.5 = 3.5 \text{ kN/m}^2$$

$$(2) \text{ 最大负弯矩值 } M: M = (0.105 \times 1.98 + 0.119 \times 3.5) \times 0.64^2 = 0.257 \text{ kNm}$$

$$(3) \text{ 板的受弯承载力 } [M]:$$

$$\gamma = 1.55$$

$$f_{ct} = 0.55 \times 1.1 = 0.605 \text{ N/mm}^2$$

$$[M] = \gamma f_{ct} W = 0.25 \text{ kNm} \approx M$$

2. 配筋混凝土板承载能力

荷载及最大负弯矩值同上。取主筋至板底保护层厚为

20mm,加上顶棚或粉刷,确保板的耐火极限达到 1.5h,满足一级耐火等级要求。故

$$h_0 = 22\text{mm}$$

$$f_y = 360\text{N/mm}^2$$

需 $A_s = 29.4\text{mm}^2$ 。

正力矩很小,不须再计算。

3. 板内配筋

由于板跨较小,素混凝土的抗弯承载力已满足抗弯强度要求。故板内仅按构造配置 $\phi^R 4 @ 150$ 钢筋, $A_s = 83.78\text{mm}^2 > 29.4\text{mm}^2$ 。每肋间分布筋 1 $\phi 4$,并在框架横梁处隔一加一。

二、密肋

为简化模板、方便施工,“轻隐”采用预制密肋,C25 混凝土浇注。预制肋外形简单,仅需少量模具,现场制作或预制工厂预制均可。

1. 密肋截面

密肋截面高度的确定,应综合考虑肋及框架横梁承载的需要,并兼顾尽量压缩结构空间高度,以降低建筑层高等因素。经分析比较,因“轻隐”住宅房间分隔不大,柱网尺寸较小,取密肋截面为 $60\text{mm} \times 200\text{mm}$,可兼顾肋及框架梁强度及刚度的需要。

2. 密肋的承载力

(1) 密肋受正力矩的承载力 $[M]$:

按翼宽为 500mm 及 700mm 两种情况的 T 形截面计算,

$f_c=9.6\text{N/mm}^2$ 。计算见表 2-1。

表 2-1 密肋受正力矩承载力 $[M]$ (kNm)计算表

级别	配 筋	A_s	h_0	$b'_f=500\text{mm}$		$b'_f=700\text{mm}$	
				X	$[M]$	X	$[M]$
a	$1\phi^R 6$	28.27	172	2.53	2.08	1.81	2.08
b	$2\phi^R 6$	56.55	169	5.07	4.05	3.62	4.07
c	$2\phi^R 8$ 竖并	100.50	167	7.54	5.91	5.38	5.94
d	$1\phi^R 12$	113.10	169	8.48	6.71	6.06	6.80
e	$1\phi^R 14$	153.94	168	11.6	8.99	8.25	9.08
f	$1\phi^R 16$	201.06	167	15.1	11.54	10.8	11.70

配筋级别为 d~f 时,须在一级环境的预制工厂预制,否则应酌情增加肋的截面宽度,以确保保护层厚度。此外, b'_f 对 $[M]$ 的影响不大,故以下全部按 $b'_f=500\text{mm}$ 栏数据取用。

(2) 密肋受负力矩承载力 $[M_{支}]$:

密肋支座受横梁翼边 $[M_1]$ ($b'_f=60\text{mm}$, $f_c=11.9\text{N/mm}^2$)及横梁肋边 $[M_2]$ ($b'_f=700\text{mm}$, $f_c=14.3\text{N/mm}^2$)两处负力矩承载力控制,两者相互制约,且受密肋实际负荷力矩增量 $\Delta M=0.1(L+0.1)q/2$ (相对于翼边 $[M_1]$)的影响,故密肋在翼边的负力矩承载力

$$[M_{支}]=[M_2]-\Delta M\leqslant[M_1]$$

为安全计, ΔM 按可能出现的最大负荷条件计算,即:
 $L_{计}=4\text{m}$ 、双肋负荷宽 0.7m 及轻墙荷载设计值 6.2kN/m 、活载标准值 2kPa ,得每肋负荷

$q_{\max}=5.12\text{kN/m}$

$\Delta M=1.05\text{kNm}$

$[M_{\text{支}}]$ 计算见表 2-2。

由于密肋截面高度较小,筋位准确对抗弯承载力影响较大,为缓解正交梁负筋错位矛盾,使负筋尽可能准确就位,肋面主筋净距取为 20mm。

计算见表 2-2。

表 2-2 密肋受负力距承载力 $[M_{\text{支}}]$ (kNm)计算表

级别	配 筋	A_s	h_0	X	$[M_1]$	$[M_2]$	$[M_{\text{支}}]$
a	$1\phi^R6$	28.27	177	17.03	2.06	2.11	1.06
b	$2\phi^R5$	39.27	177	21.97	2.80	2.98	1.93
c	$2\phi^R6$	56.55	177	31.64	3.92	4.27	3.22
d	$2\phi^R8$	100.53	176	50.69	5.45	6.30	5.25
e	$1\phi^R14$	153.94	173	77.62	7.44	9.53	7.44

(3) 密肋受剪承载力 $[V]$:

为便于箍筋钩住板的受力筋,伸出预制肋面的箍筋采用 $\phi^R4@150$,使箍距与板中受力筋间距相等。密肋受剪承载力计算见表 2-3。

斜截面 $V=0.7f_tbh_0+1.25f_{yv}A_{sv}h_0/S$

叠合面 $V=1.2f_tbh_0+0.85f_{yv}A_{sv}h_0/S$

表 2-3 密肋受剪承载力 $[V]$ (kN)计算表

部位	b	h_0	f_t	A_{sv}	S	f_{yv}	V	$[V]$
斜截面	60	166	1.27	12.57	150	360	15.11	15.11
叠合面	60	166	1.10	12.57	150	360	17.40	

3. 密肋的刚度及裂缝宽度

一般情况下, $M_K \leq 0.8[M]$, 故计算时取 $M_K = 0.8[M]$ 。

(1) 支座裂缝宽度:

支座裂缝宽度计算见表 2-4。

$$\rho_{te} = A_s / A_{te} \quad C = 20 \quad f_{tk} = 1.54(C20)$$

$$A_{te} = 0.5 \times 60 \times 200 = 6000$$

$$\Psi = 1.1 - 0.65 f_{tk} / \rho_{te} \sigma_{sk}$$

a~d 级 $\omega_{max} = \psi \sigma_{sk} (1.9C + 0.08 d_{eq} / \rho_{te}) / 10^5$

$$M_K = 0.8[M_2] \quad E_s = 1.9 \times 10^5$$

e 级 $\omega_{max} = 1.05 \Psi \sigma_{sk} (1.9C + 0.08 d_{eq} / \rho_{te}) / 10^5$

$$M_K = 0.8([M_{支}] + \Delta M) \quad E_s = 2.0 \times 10^5$$

表 2-4 密肋支座裂缝宽度计算表

级别	A_s	M_k	h_0	σ_{sk}	$\rho_{te} \times 10^3$	Ψ	d_{es}	ω_{max}
a	28.27	1.70	177	388.21	4.713	.55	6	0.30
b	39.27	2.88	177	392.46	6.545	.71	5	0.28
c	56.55	3.42	177	392.74	9.425	.83	6	0.29
d	100.53	5.04	176	327.42	16.755	.92	8	0.23
e	153.94	6.62	173	285.72	25.656	.96	14	0.24

(2) 跨中裂缝宽度:

跨中裂缝宽度计算见表 2-5。

$$\rho_{te} = A_s / A_{te} \quad C = 25 \quad f_{tk} = 1.78$$

$$A_{te} = 0.5 \times 60 \times 200 = 6000$$

a~d 级 $\omega_{max} = \Psi \sigma_{sk} (1.9C + 0.08 d_{eq} / \rho_{te}) / 10^5$

$$E_s = 1.9 \times 10^5$$

$$e \sim f \text{ 级 } \omega_{\max} = 1.05 \Psi \sigma_{sk} (1.9C + 0.08d_{eq}/\rho_{te}) / 10^5$$

$$E_s = 2.0 \times 10^5$$

表 2-5 密肋跨中裂缝宽度计算表

级别	A_s	M_k	h_0	σ_{sk}	$\rho_{te} \times 10^3$	d_{es}	Ψ	$\omega_{\max}$
a	28.27	1.66	172	392.41	4.71	6	0.47	0.28
b	56.55	3.24	169	389.68	9.43	6	0.79	0.30
c	100.5	4.73	167	323.94	16.75	8	0.89	0.25
d	113.1	5.37	169	322.93	18.85	12	0.91	0.29
e	153.9	7.19	168	319.56	25.66	14	0.96	0.29
f	201.1	9.23	167	315.97	33.51	16	0.99	0.28

从表 2-4、表 2-5 计算结果得知,密肋正负力矩的各级配筋,均满足裂缝宽度限值要求。

(3) 密肋刚度 B_s , 计算见表 2-6:

b'_f 越小对刚度越不利, 故取 $b'_f = 500$ 进行计算。

$$\gamma'_f = (500 - 60) \times 0.2h_0 / 60h_0 = 4.4/3$$

$$\rho = A_s / bh_0$$

$$B_s = A / (B + C_1)$$

$$A = E_s A_s h_0^2$$

$$B = 1.15 \Psi + 0.2$$

$$C_1 = 6\alpha_E \rho / (l = 3.5\gamma'_f)$$

4. 预制肋的吊装及运输

见图 2-2。

(1) 荷载 = 预制肋自重 $\times 1.5$ (振动系数), 即

$$g = 1.5 \times 0.06 \times 0.16 \times 1.2 \times 25$$

$$= 0.432 \text{ kN/m}$$