

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

SPECIFICATION FOR DESIGN OF REINFORCED
CONCRETE CONTINUOUS BEAMS AND FRAMES
CONSIDERING REDISTRIBUTION
OF INTERNAL FORCES

CECS 51:93

主编单位：重庆建筑大学
批准单位：中国工程建设标准化协会
批准日期：1993年9月11日

前 言

考虑塑性内力重分布计算钢筋混凝土超静定结构,能更合理估计结构的承载能力和使用阶段性能,充分发挥结构潜力,收到节约材料、简化设计、方便施工的效果。从50年代开始,我国在钢筋混凝土楼盖设计中已有按塑性内力重分布进行计算的,60年代曾编制过《钢筋混凝土超静定结构考虑内力重分布暂行规程》(未审定颁布)。近10年来,国内对钢筋混凝土超静定结构考虑内力重分布设计理论和设计方法进行了更深入和系统的研究,从而为编制本规程提供了技术依据。

为了在钢筋混凝土连续梁和框架设计中更好地贯彻执行国家的技术经济政策,做到技术先进、经济合理、安全适用、确保质量,中国工程建设标准化协会于1988年以建标字第10号文委托重庆建筑大学、天津大学、清华大学进行《钢筋混凝土连续梁和框架考虑内力重分布设计规程》的编制工作;经过多次征求意见,反复讨论和修改,最后由中国工程建设标准化协会混凝土结构委员会组织审查定稿。

现批准《钢筋混凝土连续梁和框架考虑内力重分布设计规程》,编号为CECS 51:93,并推荐给各工程设计单位使用。在使用过程中,如发现需要修改和补充之处,请将意见及有关资料寄交重庆建筑大学建筑工程学院(重庆市沙坪坝,邮政编码:630045)。

中国工程建设标准化协会

1993年9月11日

目 次

1 总则	15-3
2 符号	15-3
2.1 材料性能	15-3
2.2 作用和作用效应	15-3
2.3 几何参数	15-4
2.4 计算系数及其他	15-4
3 基本计算规定	15-5
4 连续梁和单向连续板的计算	15-6
4.1 连续梁的承载能力计算	15-6
4.2 单向连续板的承载能力计算	15-7
4.3 变形和裂缝宽度验算	15-9
5 框架计算	15-10
5.1 框架的承载能力计算	15-10
5.2 变形和裂缝宽度验算	15-11
附录 A 连续梁、单向连续板和框架梁不需作 裂缝宽度验算的最大钢筋直径	15-12
附录 B 规则框架的简化计算方法	15-13
附录 C 本规程用词说明	15-25
附加说明	15-25
条文说明	15-26

1 总 则

- 1.0.1 为了在钢筋混凝土连续梁、单向连续板和框架结构中考虑塑性内力重分布,做到合理估计结构承载能力、变形和裂缝,并达到简化设计、节约材料、确保安全的目的,特制定本规程。
- 1.0.2 本规程适用于钢筋混凝土连续梁、单向连续板和抗震设防烈度 6 度及 6 度以下的一般工业与民用建筑中的钢筋混凝土框架的设计。其中,框架结构层数不宜超过 8 层,高度不宜超过 35m;在框架——剪力墙结构中的框架层数和高度可适当增加。
- 1.0.3 本规程不适用于以下情况:
 - 1.0.3.1 直接承受动荷载作用的工业与民用建筑;
 - 1.0.3.2 轻质混凝土结构及其他特种混凝土结构;
 - 1.0.3.3 受侵蚀性气体或液体严重作用的结构;
 - 1.0.3.4 预应力混凝土结构和二次受力的叠合结构。
- 1.0.4 按本规程设计的结构尚应符合国家现行标准《建筑结构荷载规范》(GBJ 9—87)、《混凝土结构设计规范》(GBJ 10—89)、《钢筋混凝土高层建筑设计规范》(JGJ 3—91)和《混凝土结构工程施工及验收规范》(GB 50204—92)等有关标准的规定。

2 符 号

2.1 材 料 性 能

编 号	代 号	涵 义
2.1.1	C20	表示立方体强度标准值为 20N/mm ² 的混凝土强度等级
2.1.2	f_c	混凝土轴心抗压强度设计值
2.1.3	f_y	钢筋抗压强度设计值

2.2 作用和作用效应

编 号	代 号	涵 义
2.2.1	M	弯矩设计值
2.2.2	M_0	梁的简支弯矩设计值
2.2.3	M_e	按弹性方法算得的弯矩设计值
2.2.4	M', M''	梁左、右支座截面调整后的弯矩设计值
2.2.5	M_s	正常使用极限状态下,按荷载短期效应组合计算,并考虑塑性内力重分布影响的弯矩值
2.2.6	M_{sk}	正常使用极限状态下,按荷载短期效应组合计算的弹性弯矩值
2.2.7	V	剪力设计值
2.2.8	V_0	按简支梁计算的支座剪力设计值
2.2.9	N	轴向力设计值
2.2.10	g	沿梁、板单位长度上的永久荷载设计值
2.2.11	q	沿梁、板单位长度上的可变荷载设计值
2.2.12	G	集中永久荷载设计值
2.2.13	Q	集中可变荷载设计值

2.3 几何参数

编号	代号	涵义
2.3.1	l_0	计算跨度
2.3.2	l_n	净跨
2.3.3	A_n	同一截面内各肢竖向钢筋的全部截面面积
2.3.4	b	矩形截面宽度, T形、工形截面的腹板宽度
2.3.5	s	沿构件轴线方向的钢筋间距
2.3.6	h_0	截面有效高度
2.3.7	L	楼盖长度, 指横向抗侧力结构之间的距离
2.3.8	B	楼盖宽度
2.3.9	Δ_n	框架层间侧移值
2.3.10	u	框架顶点侧移值
2.3.11	h	框架层高
2.3.12	H	框架总高
2.3.13	I	截面惯性矩

2.4 计算系数及其他

编号	代号	涵义
2.4.1	β	弯矩调整系数
2.4.2	ξ	截面相对受压区高度系数
2.4.3	η	集中荷载修正系数
2.4.4	ρ_w	箍筋配筋率
2.4.5	K_s, K_c	梁、柱线刚度值
2.4.6	a_{mb}, a_{mcp}, a_{mf}	连续梁、连续板、规则框架梁考虑塑性内力重分布的弯矩系数
2.4.7	a_{mb}, a_{cf}	连续梁、规则框架梁考虑塑性内力重分布的剪力系数
2.4.8	a_{cf}	规则框架柱考虑塑性内力重分布的内力系数
2.4.9	a_{mo}	规则框架梁的基本弯矩系数

续表

编号	代号	涵义
2.4.10	a_{mo}	规则框架梁的基本剪力系数
2.4.11	a_{no}	规则框架柱的基本内力系数
2.4.12	ψ_1	考虑梁柱线刚度变化对弯矩的影响系数
2.4.13	ψ_2	考虑可变荷载设计值与永久荷载设计值的比值变化对弯矩的影响系数
2.4.14	ψ_3	考虑梁柱线刚度比的变化对剪力的影响系数
2.4.15	ψ_4	考虑可变荷载设计值与永久荷载设计值的比值变化对剪力的影响系数
2.4.16	ψ_5	考虑梁柱线刚度比的变化对框架柱内力的影响系数
2.4.17	ψ_6	考虑可变荷载设计值与永久荷载设计值的比值变化对框架柱内力的影响系数

3 基本计算规定

3.0.1 按本规程进行结构设计时,受力钢筋宜采用Ⅰ级、Ⅱ级或Ⅲ级热轧钢筋,混凝土强度等级宜在C20~C45范围内选用。

3.0.2 本规程采用弯矩调幅法考虑结构的塑性内力重分布,用弯矩调幅系数 β 表示构件截面的弯矩调整幅度。

3.0.3 钢筋混凝土连续梁、单向连续板和框架,在调整构件控制截面的弯矩时,应符合下列规定:

3.0.3.1 截面的弯矩调幅系数 β 除应按本规程4.1.6条、4.2.4条、4.3.5条和5.1.1条的规定取值外,不宜超过0.25;

3.0.3.2 弯矩调整后的截面相对受压区高度系数 ξ 不应超过0.35,也不宜小于0.10;如果截面按计算配有受压钢筋,在计算 ξ 时,可考虑受压钢筋的作用;

3.0.3.3 弯矩调整后,梁、板各跨两支座弯矩的平均值与跨中弯矩值之和不得小于简支弯矩值的1.02倍;各控制截面的弯矩值不宜小于简支弯矩值的1/3。

3.0.4 连续梁、单向连续板和框架梁考虑塑性内力重分布后的承载力,应按《混凝土结构设计规范》的有关规定计算。

考虑弯矩调整后,连续梁和框架梁在下列区段内应将计算的箍筋截面面积增大20%;对集中荷载,取支座边至最近一个集中荷载之间的区段;对均布荷载,取支座边至距支座边为 $1.05h_0$ 的区段,此处 h_0 为梁截面的有效高度。

此外,箍筋的配筋率 ρ_v ($\rho_v = \frac{A_{sv}}{bs}$)不应小于 $0.03f_c/f_{yv}$ 。

3.0.5 经弯矩调整后,构件在使用阶段不应出现塑性铰;同时,构件在正常使用极限状态下的变形和裂缝宽度应符合现行的国家标准

准《混凝土结构设计规范》的规定。

3.0.6 钢筋混凝土框架的弯矩调整应在弹性分析的基础上进行。框架在竖向荷载作用下的弹性分析可采用分层法、迭代法及力矩分配法等;框架在水平荷载作用下可采用反弯点法、改进反弯点法(即D值法)等计算弹性内力,此时,框架梁的惯性矩 I 按下列规定计算:

3.0.6.1 现浇整体式框架:边框架梁取 $I=1.5I_l$,中间框架梁取 $I=2.0I_l$;

3.0.6.2 装配整体式框架:边框架梁取 $I=1.2I_l$,中间框架梁取 $I=1.5I_l$;

3.0.6.3 装配式框架:边框架梁和中间框架梁均取 $I=1.0I_l$;
 I_l 为框架梁矩形部分的惯性矩。

按弹性方法计算框架侧移时,应对构件的刚度进行折减;现浇整体式框架折减系数可取0.85,装配式或装配整体式框架折减系数可取0.70~0.80。

3.0.7 对于重要建筑结构,可根据工程需要对结构进行非线性全过程分析。

注:①表中A、B、C和I、II、III分别为从两端支座截面和中间跨中截面算起的净跨度和净跨度的1/2;
②表中弯矩系数适用于荷载比 q/g 大于0.3的等跨连续梁。

4 连续梁和单向连续板的计算

4.1 连续梁的承载力计算

4.1.1 承受均布荷载的等跨连续梁,各跨跨中及支座截面的弯矩设计值可按下列公式计算:

$$M = \alpha_{mb}(g+q)l_0^2 \quad (4.1.1)$$

式中 M —— 弯矩设计值;

α_{mb} —— 连续梁考虑塑性内力重分布的弯矩系数,按表

4.1.1采用;

g —— 沿梁单位长度上的永久荷载设计值;

q —— 沿梁单位长度上的可变荷载设计值;

l_0 —— 计算跨度,根据支承条件按下列规定确定:当两端与梁或柱整体连接时,取 $l_0 = l_n$, l_n 为净跨;当两端搁支在墙上时,取 $l_0 = 1.05l_n$,并不得大于支座中心线间的距离;当一端与梁或柱整体连接,另一端搁支在墙上时,取 $l_0 = 1.025l_n$,并不得大于净跨加墙支承宽度的1/2。

注:本规程的荷载设计值为荷载分项系数与荷载代表值的乘积。

连续梁考虑塑性内力重分布的弯矩系数 α_{mb} 表 4.1.1

端支座 支承情况	端支(边跨跨中)	端支(边跨跨中)	中间跨跨中	中间跨跨中	中间跨跨中
	A	B	C	I	II
搁支在墙上	0	$\frac{1}{11}$	$-\frac{1}{10}$ (用于两跨连续梁)	$\frac{1}{16}$	$-\frac{1}{14}$
与梁整体连接	$-\frac{1}{24}$	$\frac{1}{14}$	$-\frac{1}{11}$ (用于多跨连续梁)	$\frac{1}{16}$	$-\frac{1}{14}$
与柱整体连接	$-\frac{1}{16}$	$\frac{1}{14}$	$-\frac{1}{11}$ (用于多跨连续梁)	$\frac{1}{16}$	$-\frac{1}{14}$

注:①表中A、B、C和I、II、III分别为从两端支座截面和中间跨中截面算起的净跨度和净跨度的1/2;
②表中弯矩系数适用于荷载比 q/g 大于0.3的等跨连续梁。

4.1.2 等跨连续梁当承受间距相同、大小相等的集中荷载时,各跨跨中及支座截面的弯矩设计值 M 可按下列公式计算:

$$M = \gamma \alpha_{mb}(G+Q)l_0 \quad (4.1.2)$$

式中 γ —— 集中荷载修正系数,依据一跨内集中荷载的不同情况按表 4.1.2 确定;

α_{mb} —— 考虑塑性内力重分布的弯矩系数,按表 4.1.1 采用;

G —— 一个集中永久荷载设计值;

Q —— 一个集中可变荷载设计值;

l_0 —— 计算跨度,按 4.1.1 条的规定确定。

集中荷载修正系数 γ 表 4.1.2

荷载情况	截面				
	A	I	B	I	C
当在跨中点处作用一个集中荷载时	1.5	2.2	1.5	2.7	1.6
当在跨中三分点处作用有两个集中荷载时	2.7	3.0	2.7	3.0	2.9
当在跨中四分点处作用有三个集中荷载时	3.8	4.1	3.8	4.5	4.0

4.1.3 在均布荷载作用下,等跨连续梁的剪力设计值可按下列公式计算:

$$V = \alpha_{vb}(g+q)l_n \quad (4.1.3)$$

式中 V —— 剪力设计值;

α_{vb} —— 考虑塑性内力重分布的剪力系数,按表 4.1.3 采用;

l_n —— 净跨度。

连续梁考虑塑性内力重分布的剪力系数 α_s 表 4.1.3

荷载情况	端支座支承情况	截面			
		A 支座内侧	B 支座外侧	C 支座内侧	C 支座外侧
均布荷载	跨支在墙上	A_n	B_{ex}	B_n	C_n
	梁与梁或梁与柱整体连接	0.45	0.60	0.55	0.55
集中荷载	跨支在墙上	0.50	0.55	0.55	0.55
	梁与梁或梁与柱整体连接	0.42	0.65	0.60	0.55

注:表中 $A_n, B_{ex}, B_n, C_{ex}, C_n$ 分别为支座内、外侧截面的代号。

4.1.4 在间距相同、大小相等的集中荷载作用下,等跨连续梁的剪力设计值 V 可按下列公式计算:

$$V = \alpha_{s77}(G+Q) \quad (4.1.4)$$

式中 α_{s77} ——剪力系数,按表 4.1.3 采用;

n ——跨内集中荷载的个数;

G ——一个集中永久荷载设计值;

Q ——一个集中可变荷载设计值。

4.1.5 相邻两跨的长跨与短跨之比值小于 1.10 的不等跨连续梁,在均布荷载或间距相同、大小相等的集中荷载作用下,梁各跨跨中及支座截面的弯矩和剪力设计值仍可按 4.1.1 条至 4.1.4 条的规定确定,但在计算跨中弯矩和支座剪力时,应取本跨的跨度值;计算支座弯矩时,应取相邻两跨中的较大跨度值。

4.1.6 对不符合 4.1.5 条规定的不等跨连续梁或各跨荷载值相差较大的等跨连续梁,可按下列步骤进行内力重分布计算:

4.1.6.1 按荷载的最不利布置,用弹性分析方法计算连续梁各控制截面的最不利弯矩 M_0 。此时,连续梁的计算跨度 l_0 应根据支承条件确定:当两端与梁或柱整体连接时,取为支座中心线间的距离;当两端搁支在墙上时,取 $l_0 = 1.05l_n$,并不得大于支座中心线间的距离;当一端与梁或柱整体连接,另一端搁支在墙上时,取 $l_0 = l_n + b/2 + 0.025l_n$,并不得大于支座中心线间的距离, b 为梁或柱

的支承宽度。

4.1.6.2 在弹性分析的基础上,降低连续梁各支座截面的弯矩,其调整系数 β 不宜超过 0.20。

4.1.6.3 在进行正截面受弯承载力计算时,连续梁各支座截面的弯矩设计值 M 可按下列公式计算:

当连续梁搁支在墙上时:

$$M = (1 - \beta)M_0 \quad (4.1.6-1)$$

当连续梁两端与梁或柱整体连接时:

$$M = (1 - \beta)M_0 - V_0 b/3 \quad (4.1.6-2)$$

式中 V_0 ——按简支梁计算的支座剪力设计值;

b ——支座宽度。

4.1.6.4 连续梁各跨中截面的弯矩不宜调整,其弯矩设计值 M 可取考虑荷载最不利布置并按弹性方法算得的弯矩设计值和按下列公式计算的弯矩设计值的较大者:

$$M = 1.02M_0 - \frac{M'_0 + M''_0}{2} \quad (4.1.6-3)$$

式中 M_0 ——按简支梁计算的跨中弯矩设计值;

M'_0, M''_0 ——连续梁左、右支座调整后的弯矩设计值。

4.1.6.5 连续梁各控制截面的剪力设计值,可按荷载最不利布置,根据调整后的支座弯矩用静力平衡条件计算,也可近似取用考虑荷载最不利布置按弹性方法算得的剪力值。

4.2 单向连续板的承载能力计算

4.2.1 两对边支承的板按单向板计算;长边与短边的比值大于 2 的四边支承板,也可按短边方向受弯的单向板计算,但当上述比值为 2~3 时,沿板长方向应配置不少于短方向 25% 的受力钢筋。

4.2.2 承受均布荷载的等跨单向连续板,各跨跨中及支座截面的弯矩设计值 M 可按下列公式计算:

$$M = \alpha_{mp}(g+q)l_0^2 \quad (4.2.2)$$

式中 α_{ep} ——单向连续板考虑塑性内力重分布的弯矩系数,按表 4.2.2 采用;

g ——沿板跨单位长度上的永久荷载设计值;

q ——沿板跨单位长度上的可变荷载设计值;

l_0 ——计算跨度,根据支承条件按下列规定确定:当两端与梁整体连接时,取净跨;当两端搁支在墙上时,取净跨加板厚,并不得大于支座中心线间的距离;当一端与梁整体连接,另一端搁支在墙上时,取净跨加 1/2 板厚,并不得大于净跨加墙支承宽度的 1/2。

连续板考虑塑性内力重分布弯矩系数 α_{ep} 表 4.2.2

端支座支承情况	板 面			
	端支座边跨跨中	离端第二支座跨中	离端第二跨跨中	中间支座中间跨跨中
A	I	B	I	C
0	$\frac{1}{11}$	$-\frac{1}{10}$ (用于两跨连续板)	$\frac{1}{16}$	$-\frac{1}{14}$
与梁整体连接	$-\frac{1}{16}$	$-\frac{1}{11}$ (用于多跨连续板)		$\frac{1}{16}$

注:表中弯矩系数适用于荷载比 q/g 大于 0.3 的等跨连续板。

4.2.3 相邻两跨的长跨与短跨之比小于 1.10 的不等跨单向连续板,在均布荷载作用下,各跨跨中及支座截面的弯矩设计值可按 4.2.2 条的规定确定。此时,计算跨中弯矩应取本跨的跨度值;计算支座弯矩应取相邻两跨的较大跨度值。

4.2.4 对不符合 4.2.3 条规定的不等跨连续板或各跨荷载相差较大的等跨连续板,可按下列步骤进行内力重分布计算:

4.2.4.1 按荷载的最不利布置,用弹性分析方法计算连续板各控制截面的最不利弯矩 M ;此时,连续板的计算跨度 l_0 应根据支承条件确定:当两端与梁整体连接时, l_0 取为支座中心线间的距

离;当两端搁支在墙上时,取 $l_0 = l_n +$ 板厚,并不得大于支座中心线间的距离;当一端与梁整体连接,另一端搁支在墙上时,取 $l_0 = l_n + b/2 +$ 板厚/2,并不得大于支座中心线间的距离, b 为梁的支承宽度。

4.2.4.2 在弹性分析的基础上,降低连续板各支座截面的弯矩,其调幅系数 β 不宜超过 0.20。

4.2.4.3 在进行正截面受弯承载力计算时,连续板各支座截面的弯矩设计值可根据不同支承条件,参照公式 (4.1.6-1) 或公式 (4.1.6-2) 确定。

4.2.4.4 连续板各跨中截面的弯矩不宜调整,其弯矩设计值可取考虑荷载最不利布置并按弹性方法算得的弯矩设计值和按式 (4.1.6-3) 计算的弯矩设计值的较大者。

4.2.5 在不等跨连续板或各跨荷载值相差较大的等跨连续板中,根据工程经验,当判断结构的变形和裂缝宽度均能满足设计要求时,可按下列步骤进行内力重分布计算:

4.2.5.1 从较大跨度板开始在下列范围内选定跨中的弯矩设计值:

边跨:

$$\frac{(g+q)l_0^2}{14} \leq M \leq \frac{(g+q)l_0^2}{11} \quad (4.2.5-1)$$

中间跨:

$$\frac{(g+q)l_0^2}{20} \leq M \leq \frac{(g+q)l_0^2}{16} \quad (4.2.5-2)$$

4.2.5.2 按照所选定的跨中弯矩设计值,根据第 3.0.3.3 款的条件确定较大跨度板的两端支座弯矩设计值,再以此支座弯矩为已知值,利用上述步骤和条件确定邻跨的跨中和另一支座的弯矩设计值。

4.2.6 当单向连续板的周边与钢筋混凝土梁整体连接时,除边跨和离端第二支座外,各中间跨的跨中和支座弯矩设计值均可减少

20%。

4.3 变形和裂缝宽度验算

4.3.1 等跨连续梁和等跨单向连续板,当按本规程 4.1.1 条、4.1.2 条和 4.2.2 条确定支座及跨中截面的弯矩设计值时,构件的跨高比 l_0/h_0 不宜超过《混凝土结构设计规范》附录八的规定,此时可不进行挠度验算。

4.3.2 不等跨连续梁和不等跨单向连续板,当跨高比 l_0/h_0 不超过《混凝土结构设计规范》附录八的规定时,可不进行挠度验算;否则,结构在正常使用极限状态下的挠度,可根据构件的刚度用结构力学的方法计算,所算得的挠度值不应超过《混凝土结构设计规范》的规定。

在计算挠度时,可以假定各同号弯矩区段内的刚度相等,并取用该区段内最大弯矩处的刚度。

构件的刚度可近似根据使用阶段的弹性弯矩值按《混凝土结构设计规范》的规定确定。

4.3.3 连续梁和单向连续板,当计算截面的弯矩调幅系数 β 和配置的纵向受拉钢筋直径符合本规程附录 A 的规定时,可不作裂缝宽度验算。

4.3.4 当不符合 4.3.3 条规定时,连续梁和单向连续板的裂缝宽度,应按《混凝土结构设计规范》的规定验算。在确定正常使用极限状态下纵向受拉钢筋的应力时,计算截面考虑塑性内力重分布影响的弯矩值 M ,可近似按下列公式计算:

支座截面:

$$M_s = (0.95 - 0.4\beta)M_u \quad (4.3.4-1)$$

跨中截面:

$$M_m = M_u \quad (4.3.4-2)$$

式中 M_u ——按荷载短期效应组合考虑荷载最不利布置用弹性方法计算的弯矩值;

β ——支座截面的弯矩调幅系数,对等跨连续梁、板,可按 4.3.5 条的规定确定;对于不等跨连续梁、板,可取 4.1.6 条和 4.2.4 条实际选用的数值。

4.3.5 等跨连续梁和单向连续板,当按 4.1.1 条、4.1.2 条和 4.2.2 条确定支座和跨中截面的弯矩设计值时,各跨跨中截面及端支座截面的弯矩调幅系数 β 可取为 0,其余各支座截面的弯矩调幅系数 β 可由图 4.3.5 查得。

5 框架计算

5.1 框架的承载能力计算

5.1.1 钢筋混凝土框架仅对框架梁的弯矩进行调整,其弯矩调整系数 β 可按下列规定取用:

5.1.1.1 无侧移框架:对竖向荷载产生的弹性弯矩进行调整,弯矩调整系数 β 值不宜超过0.25。

5.1.1.2 有侧移框架:对竖向和水平荷载作用下产生的弹性总弯矩进行调整,弯矩调整系数 β 按表5.1.1规定采用。

有侧移框架的最大允许弯矩调整系数 β 表 5.1.1

框架形式	单跨		多跨	
	层数	1~4层	5~8层	9层以上
框架	1~4层	0.15	0.10	0.20
	5~8层	0.10	0.15	0.15

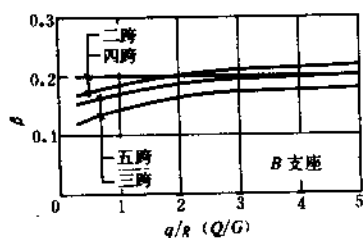
5.1.1.3 按5.1.1.1款、5.1.1.2款确定截面的弯矩调整系数 β 时,尚应满足下列条件:

(1) 框架梁的跨度不应大于12m,且跨高比 l_0/h_0 不大于12;当 l_0/h_0 在12~15之间时,第5.1.1.1和5.1.1.2款所规定的最大允许弯矩调整系数 β 宜减少0.05;

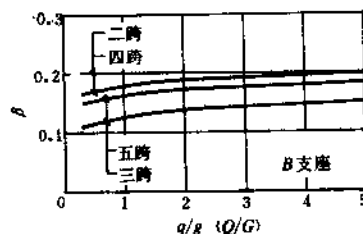
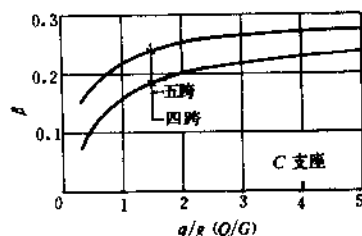
(2) 框架梁的轴压比不应大于0.10;

(3) 框架梁上的竖向可变荷载设计值与永久荷载设计值之比 q/g 应大于0.3;

(4) 当框架梁端支座有外伸臂时,外伸臂根部的悬臂弯矩超过框架梁的端支座内侧面弹性弯矩的一半时,该框架梁的端支座内侧面弯矩不宜调整。



(a) 连续梁



(b) 单向连续板

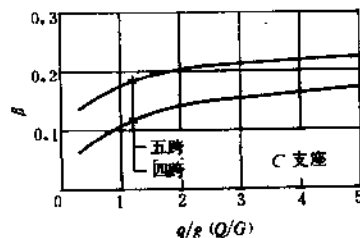


图 4.3.5 等跨连续梁和单向连续板的 $\beta-q/g(Q/G)$ 关系

5.1.2 框架可按下列步骤进行内力重分布计算:

5.1.2.1 按荷载的最不利布置,用弹性分析方法计算框架梁和框架柱各控制截面的最不利内力。

5.1.2.2 在弹性分析的基础上,降低框架梁各支座截面的弯矩设计值;对顶层框架梁各中间支座截面的弯矩调幅系数 β 可取0.10,其余各层框架梁各中间支座截面的弯矩调幅系数 β 可按5.1.1条的规定选用,通常可取最大允许值,各层框架梁的端支座截面的弯矩调幅系数 β 可取中间支座截面的弯矩调幅系数的2/3。

5.1.2.3 框架梁各支座截面的弯矩设计值可按公式(4.1.6-2)确定。

框架梁各跨跨中截面的弯矩一般不宜调整,其弯矩设计值可取考虑荷载最不利布置并按弹性方法算得的弯矩设计值和按公式(4.1.6-3)算得的弯矩设计值的较大者。

5.1.2.4 框架梁进行弯矩调整后,各计算截面的剪力设计值,仍可按考虑可变荷载最不利布置并按弹性方法计算确定。

5.1.3 框架柱各控制截面的弯矩、剪力、轴向力设计值仍取用弹性计算结果。对有侧移框架底层柱,其弯矩和剪力设计值宜将弹性计算结果乘以增大系数1.20,且在底层柱底1.5倍柱截面高度范围内,箍筋间距不宜大于100mm。

5.1.4 对规则框架,其框架梁和框架柱各计算截面的内力设计值可按附录B确定。

5.1.5 当钢筋混凝土框架的房屋同时满足下列三款要求时,可按无侧移框架调整弯矩:

5.1.5.1 房屋两端或接近两端设有钢筋混凝土剪力墙或具有非轻质填充墙的多层框架,且房屋横向为三跨及三跨以上或为两跨且房屋的总宽度不小于房屋的总高度的1/3。

5.1.5.2 现浇钢筋混凝土楼盖或设置配筋现浇层的钢筋混凝土装配式楼盖。

5.1.5.3 楼盖长宽比(L/B):

- (1) 对不超过4层的房屋, L/B 不大于3.0;
- (2) 对5层和6层的房屋, L/B 不大于2.5;
- (3) 对7层和8层的房屋, L/B 不大于2.0。

5.2 变形和裂缝宽度验算

5.2.1 框架在正常使用极限状态下的侧移可近似地按弹性方法计算。对现浇整体式框架结构,应按弹性计算结果乘以1.1后采用;对装配式框架结构,应按弹性计算结果乘以1.25后采用。框架层间侧移值 Δ 及顶点侧移值 u 应满足下列要求:

$$\frac{\Delta}{h} \leq \frac{1}{400} \quad (5.2.1-1)$$

$$\frac{u}{H} \leq \frac{1}{500} \quad (5.2.1-2)$$

式中 h ——框架的层高;
 H ——框架的总高。

5.2.2 当框架梁的跨高比不超过《混凝土结构设计规范》附录A的规定时,可不进行挠度验算。

5.2.3 当不符合5.2.2条的规定时,框架梁在正常使用极限状态下的挠度,可参照4.3.2条的规定验算。

5.2.4 当框架梁计算截面的弯矩调幅系数 β 和纵向受拉钢筋直径符合本规范附录A的规定时,可不进行裂缝宽度验算。

5.2.5 当不符合5.2.4条的规定时,框架梁在正常使用极限状态下的裂缝宽度按《混凝土结构设计规范》的规定验算。在确定纵向受拉钢筋应力时,计算截面考虑塑性内力重分布影响的弯矩值 M 。可参照4.3.4条的规定计算。

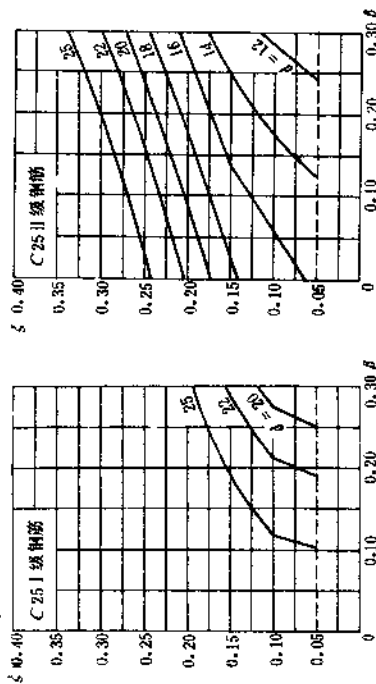
附录 A 连续梁、单向连续板和框架梁不需作裂缝宽度验算的最大钢筋直径

A.0.1 对混凝土保护层厚度(从最外排纵向受拉钢筋外边缘至受拉底边的距离) $X \leq 25\text{mm}$ 的连续梁、单向连续板和框架梁,当其纵向受拉钢筋直径不超过图 A 中根据弯矩调幅系数 β 和截面相对受压区高度系数 ξ 查得的钢筋直径时,可不进行裂缝宽度验算。

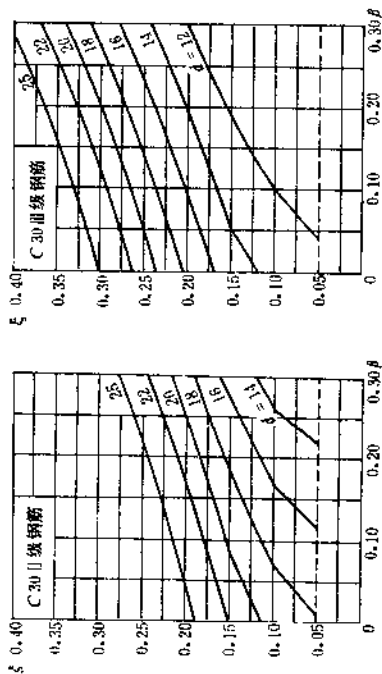
A.0.2 当混凝土强度等级不低于 C30,弯矩调幅系数 β 不超过 0.25,采用 I 级钢筋且钢筋直径小于 25mm 时,可不进行裂缝宽度验算。其余图 A 中未列出的混凝土和钢筋级别,应按《混凝土结构设计规范》进行裂缝宽度验算。

A.0.3 图 A 中的 β 值,对于等跨连续梁、板可按 4.3.5 条的规定确定,对于不等跨连续梁、板和框架按实际弯矩调整值确定。

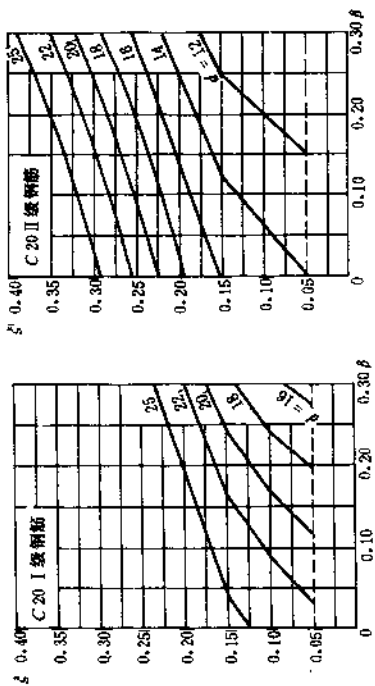
A.0.4 图 A 适用于受拉区为矩形截面的连续梁、单向连续板和框架梁。



(b)



(c)



(a)

附录 B 规则框架的简化计算方法

B.0.1 当钢筋混凝土框架符合下列规定时,可按本附录确定框架梁和柱各计算截面的内力:

B.0.1.1 各跨跨度相等或跨度相差不超过 10%;

B.0.1.2 同层的层高相同,底层与其他各层的层高相差不超过 30%,其余各层之间的层高相差不超过 20%;

B.0.1.3 同层框架梁的截面尺寸应相同;各中间柱的截面尺寸应相同,边柱的截面尺寸可以小于中间柱;柱沿房屋高度截面尺寸宜相同,但当框架层数多于 5 层时,允许柱子沿房屋高度变化一次;

B.0.1.4 作用于同层框架梁上的荷载应相等,不同层的框架梁承受的荷载可不相同;作用于顶层框架梁上的荷载不考虑荷载最不利布置,全部按永久荷载计算;

B.0.1.5 框架柱采用对称配筋。

B.0.2 竖向均布荷载下的框架内力计算。

B.0.2.1 框架梁支座和跨中截面的弯矩设计值 M 按下列公式计算:

$$M = \alpha_{mf}(g+q)l_0^2 \quad (\text{B.0.2-1})$$

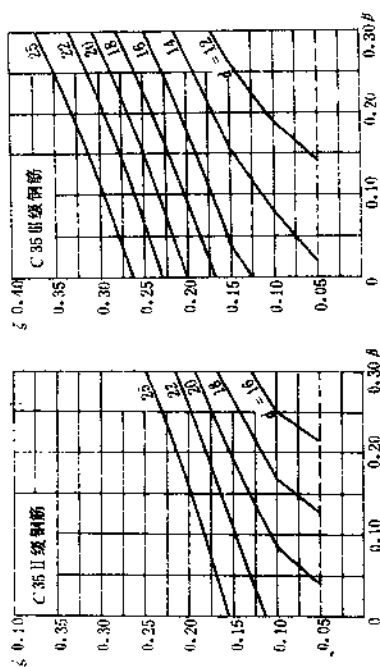
$$\alpha_{mf} = \alpha_{mo}\psi_1\psi_2 \quad (\text{B.0.2-2})$$

式中 α_{mf} 规则框架梁考虑塑性内力重分布的弯矩系数;

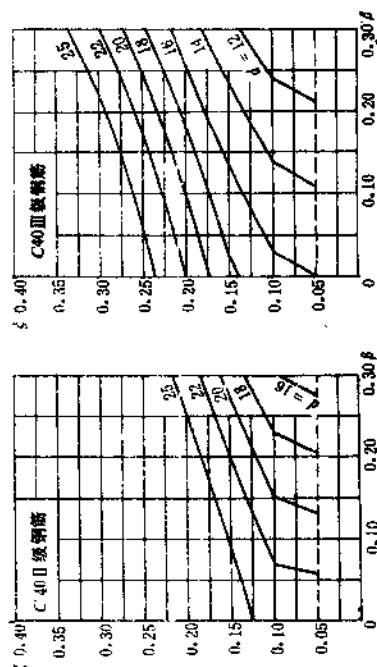
α_{mo} 框架梁的基本弯矩系数,由表 B.0.2-1 查得;

ψ_1 考虑梁柱线刚度比的变化对弯矩的影响系数:单层框架查图 B.0.2-1,多层框架查图 B.0.2-2;

ψ_2 考虑可变荷载设计值与永久荷载设计值的比值变化对弯矩的影响系数:单层框架查图 B.0.2-1,多层



(d)



(e)

图 A 连续梁、单向连续板和框架梁不需作裂缝宽度验算的最大钢筋直径

框架查图 B. 0. 2-2;

- g ——沿框架梁单位长度上的永久荷载设计值;
 q ——沿框架梁单位长度上的可变荷载设计值;
 l_0 ——计算跨度;当计算跨中截面的弯矩时,取轴线跨度;
 当计算支座截面的弯矩时,取净跨。

B. 0. 2. 2 框架梁支座截面的剪力设计值 V 按下列公式计算:

$$V = \alpha_{sf}(g+q)l_0 \quad (\text{B. 0. 2-3})$$

$$\alpha_{sf} = \alpha_m \psi \psi_s \quad (\text{B. 0. 2-4})$$

式中 α_{sf} ——规则框架梁考虑塑性内力重分布的剪力系数;

α_m ——框架梁的基本剪力系数,由表 B. 0. 2-2 查得;

ψ_s ——考虑梁柱线刚度比的变化对剪力的影响系数,查图 B. 0. 2-3;

ψ ——考虑可变荷载设计值与永久荷载设计值的比值变化对剪力的影响系数,查图 B. 0. 2-3;

l_n ——框架梁的净跨。

B. 0. 2. 3 框架柱的内力设计值按下列规定确定:

框架柱采用对称配筋,各控制截面的弯矩、轴向压力设计值可按下列三种最不利组合确定:

第一种组合:

$$M_{\max} = \alpha_{sf}(g+q)l_0^2 \quad (\text{B. 0. 2-5})$$

$$N = \alpha_{sf} \sum_{i=1}^n (g+q)l_0 \quad (\text{B. 0. 2-6})$$

第二种组合:

$$M_{\max} = \alpha_{sf} \sum_{i=1}^n (g+q)l_0 \quad (\text{B. 0. 2-7})$$

$$M = \alpha_{sf}(g+q)l_0^2 \quad (\text{B. 0. 2-8})$$

第三种组合:

$$N_{\min} = \alpha_{sf} \sum_{i=1}^n g l_0 \quad (\text{B. 0. 2-9})$$

$$M = \alpha_{sf} g l_0^2 \quad (\text{B. 0. 2-10})$$

$$\alpha_{sf} = \alpha_m \psi \psi_s \quad (\text{B. 0. 2-11})$$

式中 α_{sf} ——框架柱考虑内力重分布的内力系数;

α_m ——框架柱的基本内力系数,由表 B. 0. 2-3 查得;

ψ_s ——考虑梁柱线刚度比变化对柱内力的影响系数;单层

框架查图 B. 0. 2-4,多层框架查图 B. 0. 2-5;

ψ ——考虑可变荷载设计值与永久荷载设计值比值的变化的影响系数;单层框架查图 B. 0. 2-4,多层框架查图 B. 0. 2-5;

n ——从计算层算起至框架顶层的层数;

l_0 ——框架梁的计算跨度;当框架梁的跨度相等时,按轴线间跨度采用;当柱两侧框架梁的跨度不等时,计算柱弯矩按左右跨较大跨度值采用,计算柱轴向压力按左右跨的平均跨度值采用。

当按公式(B. 0. 2-5)、(B. 0. 2-8)和(B. 0. 2-10)计算柱的弯矩时,式中的 $(g+q)$ 或 g 应采用上、下框架梁的较大值。

框架梁各控制截面的基本弯矩系数 α_{mo} 表 B. 0. 2-1

框架 跨数	框架 层数	框架梁 层次	支座及跨中截面的基本弯矩系数 α_{mo}					
			A	I	B _{ex}	B _m	I	C _{ex}
单 跨	1	顶层	0.055	0.073				
	2~8	顶层 其他各层	0.076 0.072	0.071 0.060				

续表 B.0.2-1

框架 跨数	框架 层数	框架梁 层次	支座及跨中截面的基本弯矩系数 m_{00}					
			A	I	B _{ss}	I	C _{ss}	C _{in}
1	1	顶层	0.045	0.059	0.092	0.092	0.045	0.074
		其他各层	0.072	0.059	0.093	0.093	0.051	0.091
2	2	顶层	0.058	0.060	0.077	0.077	0.054	0.074
		其他各层	0.078	0.063	0.092	0.095	0.055	0.097
3	3	顶层	0.062	0.060	0.074	0.074	0.055	0.074
		其他各层	0.088	0.064	0.091	0.099	0.055	0.104
4	4	顶层	0.064	0.058	0.074	0.074	0.055	0.074
		其他各层	0.098	0.065	0.091	0.104	0.057	0.114
5	5	顶层	0.065	0.058	0.074	0.074	0.056	0.076
		其他各层	0.110	0.067	0.091	0.111	0.060	0.127
6	6	顶层	0.068	0.058	0.075	0.075	0.056	0.078
		其他各层	0.126	0.069	0.093	0.119	0.062	0.139
7	7	顶层	0.072	0.059	0.076	0.076	0.057	0.078
		其他各层	0.140	0.071	0.093	0.126	0.066	0.153
8	8	顶层	0.077	0.059	0.078	0.078	0.057	0.081
		其他各层	0.140	0.071	0.093	0.126	0.066	0.153

注:表中支座弯矩系数取正值,跨中弯矩系数取正值。

框架梁各控制截面的基本剪力系数 α_{00}

表 B.0.2-2

框架 跨数	框架 层数	框架梁 层次	框架梁支座截面的基本剪力系数 α_{00}				
			A	B _{ss}	B _{se}	C _{ss}	C _{in}
单跨	1~8	所有各层	0.50				
		顶层	0.45	0.56	0.51	0.50	0.50
两跨	2	顶层	0.50	0.55	0.53	0.53	0.53
		其他各层	0.50	0.55	0.53	0.53	0.53
三跨	3	顶层	0.50	0.55	0.54	0.54	0.54
		其他各层	0.50	0.55	0.54	0.54	0.54
四跨	4	顶层	0.53	0.55	0.55	0.56	0.56
		其他各层	0.51	0.54	0.54	0.54	0.54
五跨	5	顶层	0.55	0.55	0.56	0.58	0.58
		其他各层	0.51	0.54	0.54	0.54	0.54
六跨	6	顶层	0.58	0.55	0.58	0.60	0.60
		其他各层	0.52	0.54	0.54	0.54	0.54
七跨	7	顶层	0.62	0.55	0.60	0.63	0.63
		其他各层	0.53	0.54	0.55	0.55	0.55
八跨	8	顶层	0.65	0.55	0.62	0.66	0.66
		其他各层	0.54	0.54	0.55	0.55	0.55

框架柱子各控制截面的基本内力系数 α_{ei}

表 B.0.2-3

框架跨数	框架层数	柱子分层	A 柱						B 柱				C 柱			
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
			M_{max}	相应 N	N_{max}	相应 M	N_{min}	相应 M	M_{max}	相应 N	N_{max}	相应 M	M_{max}	相应 N	N_{max}	相应 M
单跨	1		0.055 0.027	0.50												
	2~8	顶层	0.042	0.50	0.50	0.018	0.50	0.130								
		中间层		0.50 0.33												
			0.042	0.39	0.50	0.040	0.50	0.040								
				0.33												
		底层	0.034 0.017	0.32 0.35	0.50	0.029 0.015	0.50	0.029 0.015								
两跨及两跨以上	1		0.043 0.021	0.45					0.007 0.004	1.13			0.001 0.001	1.00		
	2	顶层	0.040	0.49	0.50	0.030	0.45	0.050	0.029	1.05	1.09	0.003	0.027	1.00	1.08	0.001
		底层	0.032	0.49	0.50	0.032	0.44	0.016	0.024	0.73	1.07	0.002	0.022	0.70	1.03	0.002
			0.016	0.49		0.016		0.009	0.013	0.73		0.002	0.011	0.70		0.002
	3	顶层	0.040	0.50	0.50	0.030	0.45	0.050	0.029	1.05	1.09	0.002	0.027	1.00	1.08	0.001
		中间层	0.040	0.49	0.49	0.039	0.44	0.040	0.029	0.73	1.05	0.003	0.027	0.71	1.03	0.001
		底层	0.033	0.32	0.49	0.027	0.44	0.022	0.026	0.69	1.05	0.002	0.025	0.67	1.03	0.002
			0.017	0.32		0.014		0.016	0.014	0.69		0.002	0.013	0.67		0.002

续表 B.0.2-3

框架跨数	框架层数	柱子分层	A 柱						B 柱				C 柱			
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
			M_{max}	相应 N	N_{max}	相应 M	N_{min}	相应 M	M_{max}	相应 N	N_{max}	相应 M	M_{max}	相应 N	N_{max}	相应 M
两跨及两跨以上	4	顶层	0.042	0.52	0.53	0.030	0.45	0.050	0.032	1.05	1.09	0.002	0.030	1.01	1.12	0.001
		中间层	0.042	0.50	0.50	0.039	0.45	0.040	0.032	0.70	1.05	0.003	0.030	0.70	1.03	0.001
				0.33												
		底层	0.033 0.017	0.37 0.37	0.49	0.028 0.014	0.45	0.022 0.011	0.026 0.014	0.67 0.67	1.04	0.002 0.002	0.025 0.013	0.65 0.65	1.02	0.002 0.002
	5	顶层	0.043	0.55	0.55	0.032	0.46	0.055	0.033	1.05	1.11	0.003	0.031	1.02	1.16	0.001
		中间层		0.51 0.34												
			0.043	0.34	0.51	0.040	0.47	0.042	0.033	0.70	1.04	0.002	0.031	0.70	1.04	0.001
				0.38												
		底层	0.034 0.017	0.32 0.40	0.49	0.028 0.014	0.47	0.022 0.011	0.027 0.014	0.66 0.59	1.02	0.002 0.002	0.025 0.013	0.65 0.65	1.02	0.002 0.002
	6	顶层	0.045	0.58	0.58	0.035	0.46	0.055	0.035	1.05	1.12	0.005	0.033	1.02	1.20	0.001
		中间层		0.52 0.34 0.39												
			0.045	0.34	0.51	0.040	0.48	0.043	0.035	0.70	1.04	0.004	0.033	0.70	1.06	0.001
				0.41												
		底层	0.035	0.36	0.50	0.029	0.48	0.022	0.027	0.65	1.01	0.002	0.026	0.65	1.01	0.002
			0.018	0.43		0.015		0.011	0.014	0.57		0.002	0.013	0.65		0.002

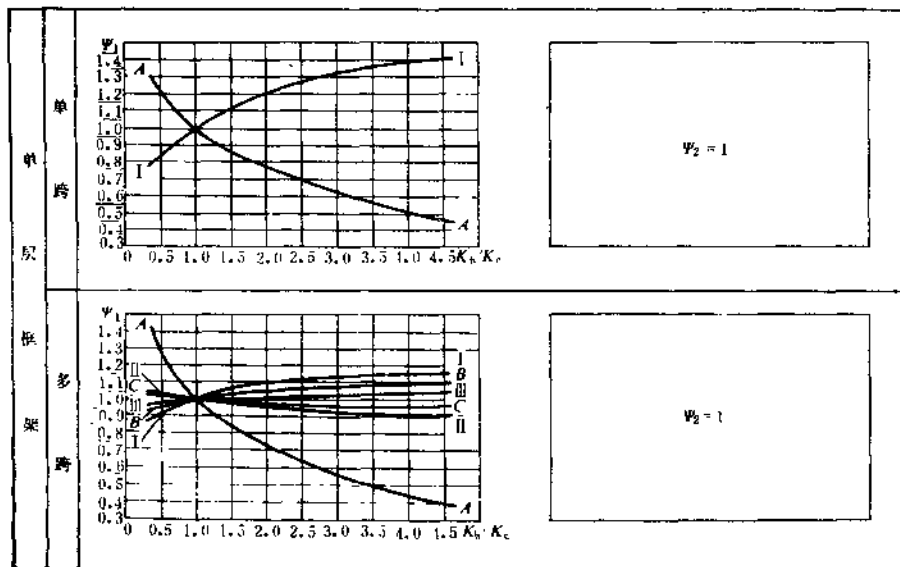
续表 B.0.2-3

框架跨数	框架层数	柱子分层	A 柱						B 柱				C 柱			
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
			M_{max}	相应 N	N_{max}	相应 M	N_{min}	相应 M	M_{max}	相应 N	N_{max}	相应 M	M_{max}	相应 N	N_{max}	相应 M
两跨及两跨以上	7	顶层	0.047	0.62	0.61	0.038	0.46	0.062	0.037	1.05	1.14	0.007	0.035	1.03	1.26	0.002
		中间层	0.047	0.53	0.53	0.044	0.50	0.046	0.037	0.70	1.02	0.006	0.035	0.70	1.06	0.002
				0.35												
				0.40												
		底层	0.035	0.42	0.51	0.029	0.49	0.022	0.027	0.64	1.00	0.002	0.026	0.64	1.01	0.002
				0.44												
	8	顶层	0.050	0.65	0.65	0.041	0.46	0.064	0.040	1.05	1.15	0.010	0.035	1.03	1.30	0.002
		中间层	0.050	0.54	0.55	0.044	0.50	0.050	0.040	0.70	1.02	0.008	0.035	0.70	1.06	0.002
				0.37												
				0.41												
				0.44												
		底层	0.035	0.45	0.51	0.029	0.49	0.022	0.027	0.64	1.00	0.002	0.026	0.65	1.01	0.002
				0.46												
			0.018	0.46		0.015		0.011	0.014	0.57		0.002	0.013	0.65		0.002

注:①凡单层框架柱和多层框架的底层柱有两排数据者,分别表示该层柱上、下端截面的 α_{co} 系数;

②表中 A 柱 M_{max} 相应的 N (即表中第 2 项内力),轴力系数 α_{co} 各层都不相同,应分别取值;其中单跨 2 至 8 层框架柱,应根据框架的层数从上至下依次取值,且底层柱的上、下端截面取同一系数;

③两跨框架的 B 柱和四跨框架的 C 柱, N_{max} 相应的 M (即表中第 10 项和第 14 项内力),取 $\alpha_{co}=0$ 。

图 B.0.2-1 单层框架的 Ψ_1-K_b/K_c 关系曲线