

文章编号:1673-2049(2014)01-0098-06

组合框架梁刚度增大系数取值研究

范 重¹, 程 竞^{1,2}

(1. 中国建筑设计研究院, 北京 100044; 2. 北京科技大学 土木与环境工程学院, 北京 100083)

摘要:分析了钢框架-混凝土核心筒混合结构中组合框架梁正弯矩区截面抗弯刚度增大系数的变化范围和负弯矩区楼板翼缘有效宽度范围内钢筋对梁截面惯性矩的增大效果,对受力状态与组合框架梁负弯矩区长度的关系进行了深入研究,提出了变刚度组合框架梁刚度增大系数的计算方法,探讨了各种因素对混合结构中组合框架梁刚度增大系数的影响,并给出了混合结构设计时框架梁刚度增大系数的取值建议。

关键词:钢框架-混凝土核心筒混合结构;组合框架梁;负弯矩区;弯矩比;刚度增大系数

中图分类号:TU398.9

文献标志码:A

Research on Stiffness Amplified Coefficient of Composite Frame Beam

FAN Zhong¹, CHENG Jing^{1,2}

(1. China Architecture Design & Research Group, Beijing 100044, China; 2. School of Civil and Environmental Engineering, University of Science and Technology Beijing, Beijing 100083, China)

Abstract: The changing zone of stiffness amplified coefficient of composite frame beam in positive moment area in steel frame-concrete core wall mixed structure was studied, and the increasing effects on moment of inertia within flange effective width in negative moment area were analyzed. The relations of force state and negative moment zone length of composite frame beam were focused deeply, the calculation method of stiffness amplified coefficient of variable stiffness frame beam was proposed, and the effects of various factors on stiffness amplified coefficient of composite frame beam were discussed. At last, the proposed value of stiffness amplified coefficient of composite frame beam in mixed structure design was presented.

Key words: steel frame-concrete core wall mixed structure; composite frame beam; negative moment zone; moment ratio; stiffness amplified coefficient

0 引言

近年来,在中国超高层建筑中,钢框架-混凝土核心筒混合结构是最主要的结构形式。H 型钢梁与混凝土楼板形成的组合框架梁可以充分发挥钢材和混凝土各自的优势,具有适用跨度大、结构自重小、施工速度快、抗震性能好等优点^[1],在工程中得到广泛应用。

随着建筑高度与高宽比的不断增大,结构的抗侧刚度逐渐减小,风荷载与地震作用等水平荷载对结构的影响非常显著,层间位移成为结构设计的主要控制指标之一。此外,为了保证超高层结构具有良好的抗震性能,《高层建筑混凝土结构技术规程》(JGJ 3—2010)^[2]中规定,混合结构框架所承担的地震剪力标准值的最大值不宜小于结构底部总地震剪力标准值的 10%,以便形成双重抗侧力体系。

收稿日期:2013-11-28

基金项目:科学技术部科研院所技术开发研究专项基金项目(22012201)

作者简介:范 重(1959-),男,北京市人,教授级高级工程师,工学博士,E-mail:fanz@cadg.cn。

钢-混凝土组合框架梁是结构重要的横向承重构件^[3],其刚度对结构的层间位移、框架的剪力分担率均有较大影响。目前,中国现行结构设计规程中对组合框架梁刚度增大系数的规定有较大差异,《高层建筑混凝土结构技术规程》(JGJ 3—2010)^[2]中规定,混合结构弹性分析时,梁的刚度可取 H 型钢梁刚度的 1.5~2.0 倍,《高层民用建筑钢结构技术规程》(JGJ 99—98)^[4]与《高层建筑钢-混凝土混合结构设计规程》(CECS 230:2008)^[5]中均规定,当进行框架弹性分析时,压型钢板组合框架梁的惯性矩,对两侧有楼板的梁宜取 1.5 倍钢梁的惯性矩,对仅一侧有楼板的梁宜取 1.2 倍钢梁的惯性矩。

迄今为止,对组合框架梁设计方法的研究主要集中在竖向荷载作用下的承载力与挠度计算问题,对组合框架梁与框架刚度关系的研究还很少。组合框架梁的刚度与其受力状态关系密切,在楼面竖向荷载作用下,支座位置处的负弯矩区内组合框架梁上部混凝土受拉开裂退出工作,靠近支座部位组合框架梁的刚度减小^[6],在其跨度范围内为变刚度梁。在多遇地震作用与风荷载等水平荷载作用下,框架梁的反弯点位于梁的跨中,负弯矩区范围与重力荷载工况产生较大变化,梁两端的负弯矩区大小不同。

影响混合结构框架梁刚度增大系数的因素较多,如框架梁的受力状态、框架梁外侧楼板的宽度、H 型钢梁型号与混凝土楼板厚度的相对关系等^[7];负弯矩区对组合框架梁的整体计算结果产生的影响显著^[8-9]。对于连续组合框架梁,欧洲规范 EN 1994-1-1:2004^[10]及中国《钢结构设计规范》(GB 50017—2003)^[11]中均假定靠近支座 $0.15L$ (L 为梁的跨度)的范围内为负弯矩区。

本文中笔者研究了混合结构中组合框架梁正弯矩区刚度增大系数的变化范围,分析了负弯矩区楼板翼缘有效宽度范围内钢筋对梁截面惯性矩的增大效果,对受力状态与组合框架梁负弯矩区长度的关系进行了深入研究,提出了变刚度组合框架梁刚度增大系数的计算方法,探讨了各种因素对混合结构框架梁刚度增大系数的影响。最后,给出了混合结构设计时框架梁刚度增大系数取值的设计建议。

1 组合框架梁的截面特性

组合框架梁通过在 H 型钢梁上翼缘设置抗剪栓钉等方式,确保钢梁与混凝土楼板共同工作。计算组合框架梁时可采用平截面假定,考虑剪力滞后效应影响后取楼板有效宽度内混凝土的作用。李运

生等^[12]对比了各国规范对翼缘有效宽度的规定,提出翼缘有效宽度除了与结构尺寸有关外,还与组合框架梁受力状态有关的观点。聂建国等^[13]认为塑性极限状态时的翼缘有效宽度较弹性阶段更大,并给出了增大系数的建议。张彦玲等^[14]对组合框架梁负弯矩区的翼缘有效宽度进行了研究,并通过试验进行了验证,结果表明,混凝土开裂导致组合框架梁负弯矩区的翼缘有效宽度增大。

1.1 组合框架梁正弯矩区的截面特性

组合框架梁可以视为多跨连续梁,其正弯矩区与负弯矩区的截面特性存在显著差异。对于组合框架梁正弯矩区,楼板位于受压区,混凝土翼缘的有效宽度 b_e 可按下式计算

$$b_e = b_0 + b_1 + b_2 \quad (1)$$

式中: b_0 为钢梁上翼缘的宽度; b_1, b_2 分别为钢梁内侧与钢梁外侧楼板翼缘的计算宽度。

梁单侧混凝土楼板翼缘的宽度取梁跨度 L 的 $1/6$ 和 6 倍楼板厚度二者中的较小值。对于大多数超高层混合结构而言,外框架的跨度 $L > 9$ m,而楼板的厚度一般为 $120 \sim 150$ mm,组合框架梁翼缘有效宽度主要取决于楼板的厚度。组合框架梁翼缘有效宽度 b_e 与楼板厚度、H 型钢梁型号的关系如表 1 所示。

表 1 组合框架梁楼板翼缘的有效宽度 b_e

Tab. 1 Flange Effective Width b_e of Slabs of Composite Frame Beam

H 型钢梁截面型号	不同楼板厚度(mm)下的 b_e					
	100	120	140	160	180	200
H600×200×10×16	1 400	1 640	1 880	2 120	2 360	2 600
H700×250×12×18	1 450	1 690	1 930	2 170	2 410	2 650
H800×300×14×20	1 500	1 740	1 980	2 220	2 460	2 700
H900×350×16×25	1 550	1 790	2 030	2 270	2 510	2 750
H1000×400×18×30	1 600	1 840	2 080	2 320	2 560	2 800
H1100×450×20×35	1 650	1 890	2 130	2 370	2 610	2 850
H1200×500×25×40	1 700	1 940	2 180	2 420	2 660	2 900

将组合框架梁中楼板翼缘有效宽度除以钢材与混凝土弹性模量的比值 α_e ,换算成钢截面宽度后,计算整个截面的惯性矩,可以得到组合框架梁的换算截面惯性矩 I_{eq} 。组合框架梁正弯矩区的截面抗弯刚度增大系数 μ 由下式确定

$$\mu = I_{eq} / I_0 \quad (2)$$

式中: I_0 为钢梁的截面惯性矩。

当混凝土的强度等级为 C40 时,组合框架梁正弯矩区的截面抗弯刚度增大系数 μ 随 H 型钢梁型号与楼板厚度的变化如表 2 所示。从表 2 可以看

表 2 组合框架梁正弯矩区截面抗弯刚度增大系数 μ
Tab. 2 Sectional Flexural Stiffness Amplified Coefficient μ of Composite Frame Beam in Positive Moment Zone

H 型钢梁截面型号	不同楼板厚度(mm)下的 μ					
	100	120	140	160	180	200
H600×200×10×16	2.40	2.67	2.93	3.20	3.49	3.80
H700×250×12×18	2.18	2.42	2.65	2.88	3.10	3.34
H800×300×14×20	2.01	2.23	2.44	2.64	2.84	3.03
H900×350×16×25	1.83	2.02	2.21	2.39	2.56	2.73
H1000×400×18×30	1.69	1.86	2.03	2.19	2.35	2.50
H1100×450×20×35	1.58	1.74	1.89	2.04	2.18	2.32
H1200×500×25×40	1.50	1.64	1.78	1.92	2.05	2.18

出:组合梁的截面抗弯刚度增大系数的变化范围较大,随着楼板厚度的增大,组合框架梁截面抗弯刚度增大系数相应增大;随着 H 型钢梁型号的增大,组合框架梁的截面抗弯刚度增大系数减小。对于混合结构常用的楼板厚度与框架梁规格,组合框架梁正弯矩区的截面抗弯刚度增大系数 μ 一般为 2.0~3.0。

1.2 组合框架梁负弯矩区的截面特性

对于组合框架梁的负弯矩区,由于混凝土材料的抗拉强度较低,因此通常不考虑楼板的作用,仅考虑楼板翼缘有效宽度范围内纵向钢筋的作用。楼板的底部受力钢筋通常在支座处的锚固长度较小,故忽略其影响,仅考虑支座上部受力钢筋的作用。考虑组合框架梁支座部位有效宽度内楼板上部受力钢筋的影响后,可以得到组合框架梁的换算截面惯性矩 I' 。组合框架梁负弯矩区的截面抗弯刚度增大系数 μ' 由下式确定

$$\mu' = I' / I_0 \tag{3}$$

当楼板厚度为 120 mm 时,组合框架梁负弯矩区楼板翼缘有效宽度范围内配筋率 ρ 对组合构件截面惯性矩的影响如表 3 所示。从表 3 可以看出,对于混合结构常用的 H 型钢梁型号与楼板配筋而言,组合框架梁端部负弯矩区楼板配筋对抗弯刚度的增大作用较小,增幅一般在 10%左右。

2 组合框架梁负弯矩区

2.1 竖向荷载作用下组合框架梁的负弯矩区大小

对于多跨组合框架梁,在均布竖向荷载 q 作用下,弯矩分布呈抛物线形。对于等截面 H 型钢梁,梁端弯矩 $M_A = M_B = qL^2/2$,跨中弯矩 $M_0 = qL^2/24$,梁端负弯矩区的长度 L_A ($L_A = L_B$) 所占比例较大,见图 1(a)。由于在竖向荷载作用下支座负弯矩区的混凝土楼板受拉开裂后退出工作,仅在翼缘有效宽度范围内楼板受力钢筋对截面刚度有微小

表 3 组合框架梁负弯矩区截面抗弯刚度增大系数 μ'
Tab. 3 Sectional Flexural Stiffness Amplified Coefficient μ' of Composite Frame Beam in Negative Moment Zone

H 型钢梁截面型号	不同配筋下的 μ'			
	$\Phi 8@150$ (0.335%)	$\Phi 10@200$ (0.393%)	$\Phi 10@150$ (0.524%)	$\Phi 12@150$ (0.754%)
H600×200×10×16	1.12	1.14	1.18	1.25
H700×250×12×18	1.08	1.09	1.12	1.17
H800×300×14×20	1.06	1.07	1.09	1.13
H900×350×16×25	1.04	1.05	1.06	1.09
H1000×400×18×30	1.03	1.04	1.05	1.07
H1100×450×20×35	1.02	1.03	1.04	1.05
H1200×500×25×40	1.02	1.02	1.03	1.04

注:楼板厚度为 120 m;保护层厚度为 15 mm;混凝土楼板截面的有效高度为 100 mm;括号中数值为配筋率。

增大作用,组合框架梁在其跨度范围内形成变刚度梁。变刚度梁对组合框架梁弯矩分布有较大影响,使梁端负弯矩减小,跨中正弯矩增大,支座负弯矩区的长度 L_A 缩小,如图 1(b)所示。经过迭代计算,得到典型规格 H 型钢梁与楼板厚度的组合框架梁负弯矩区长度比的变化情况,如表 4 所示。从表 4 可以看出:组合框架梁负弯矩区长度比 L_A/L 的变化范围不大,随着楼板厚度增大, L_A/L 逐渐减小;随着 H 型钢梁规格增大, L_A/L 相应增大。对于混合结构常用的楼板厚度与框架梁规格,组合框架梁负弯矩区长度比 L_A/L 一般为 0.15~0.17,与欧洲规范^[10]及中国规范^[11]中假定的连续组合梁靠近支座 0.15L 跨度范围内为负弯矩区比较接近。

对于以水平荷载为主要控制因素的超高层混合结构,其在竖向荷载作用下的弯矩一般较小,当负弯

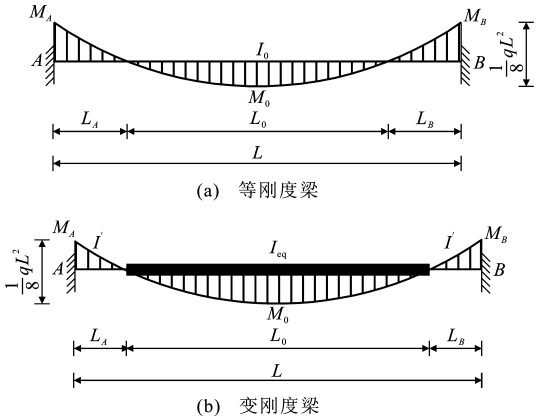


图 1 重力荷载作用下等刚度梁与变刚度梁的弯矩分布特点

Fig. 1 Moment Distribution Characteristics of Beams with Constant Stiffness and Variable Stiffness Under Gravity Loads

表 4 组合框架梁负弯矩区长度比 L_A/L 的变化Tab. 4 Variations of Length Ratio L_A/L of Composite Frame Beam in Negative Moment Zone

H 型钢梁截面型号	不同楼板厚度(mm)下的 L_A/L^{-1}					
	100	120	140	160	180	200
H600×200×10×16	0.164 2	0.158 8	0.154 0	0.149 6	0.145 4	0.141 2
H700×250×12×18	0.169 2	0.163 7	0.159 1	0.155 0	0.151 1	0.147 5
H800×300×14×20	0.173 4	0.167 9	0.163 3	0.159 3	0.155 6	0.152 3
H900×350×16×25	0.178 5	0.173 1	0.168 5	0.164 4	0.160 8	0.157 6
H1000×400×18×30	0.182 7	0.177 4	0.172 8	0.168 8	0.165 2	0.162 0
H1100×450×20×35	0.186 1	0.181 1	0.176 6	0.172 6	0.169 0	0.165 8
H1200×500×25×40	0.189 1	0.184 3	0.179 9	0.175 9	0.172 3	0.169 0

矩区弯矩较小时,混凝土楼板尚未开裂,此时组合框架梁折算刚度仍可以按照受压区计算。开裂弯矩 M_k 可由下式计算

$$M_k = f_{tk} \frac{I_{ep}}{y_1} \quad (4)$$

式中: f_{tk} 为混凝土抗拉强度标准值; y_1 为组合框架梁中性轴至楼板形心的距离。

考虑组合框架梁开裂弯矩 M_k 的影响后,负弯矩区长度 L_A 可以相应减小。

2.2 水平荷载作用下组合框架梁的负弯矩区大小

在风荷载和水平地震作用下,组合框架梁弯矩呈三角形分布,反弯点位于跨中。水平荷载与竖向荷载工况组合后,组合框架梁两端的弯矩与相应的负弯矩区长度出现明显差异:梁端弯矩较大一侧负弯矩区加长,梁端弯矩较小一侧负弯矩区缩短,其变化幅度与水平荷载引起的弯矩与竖向荷载引起的弯矩比值有关,对于组合框架梁,其支座弯矩大于跨中弯矩。将水平荷载作用下的梁端弯矩 M_h 与竖向荷载作用下的梁端弯矩 M_v 之比定义为梁端弯矩比 β , 则有

$$\beta = \frac{M_h}{M_v} \quad (5)$$

根据《高层建筑混凝土结构技术规程》(JGJ 3—2010)^[2],在风荷载与水平地震作用控制工况下,框架梁承载力应分别满足以下要求

$$\gamma_G S_{GK} + \Psi_L \gamma_L S_{Lk} + \gamma_W S_{WK} \leq R_d \quad (6)$$

$$\gamma_G S_{GE} + \gamma_{Eh} S_{Ehk} + \Psi_W \gamma_W S_{WK} \leq R_d / \gamma_{RE} \quad (7)$$

式中: S_{GK} , S_{Lk} , S_{WK} 分别为永久荷载、活荷载、风荷载效应标准值; γ_G , γ_L , γ_W , γ_{Eh} 分别为永久荷载、可变荷载、风荷载与水平地震作用的分项系数; Ψ_L , Ψ_W 分别为楼面活荷载和风荷载的组合值系数; R_d 为构件的抗力设计值; S_{GE} , S_{Ehk} 分别为重力荷载代表值与水平地震作用标准值的效应; γ_{RE} 为构件抗震承载力的调整系数。

将重力荷载引起的总弯矩效应定义为 M_v , 水平荷载引起的总弯矩效应定义为 M_h , 将式(6), (7)统一改写为

$$M_v + M_h \leq M_d \quad (8)$$

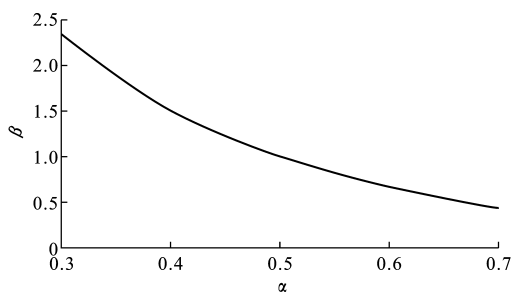
式中: M_d 为组合框架梁的抗弯承载力设计值。

由式(5), (8)可得

$$\beta = \frac{1}{M_v} (M_d - M_v) = \frac{1}{\alpha} - 1 \quad (9)$$

式中: α 为重力荷载引起的弯矩在构件抗弯承载力中所占的比重, $\alpha = M_v / M_d$, 主要与框架梁的跨度、跨高比、结构的高宽比以及风荷载、地震烈度等因素有关。

对于常见的钢框架-混凝土核心筒混合结构, α 的取值一般在 0.3~0.7 范围内。梁端弯矩比 β 随 α 的变化见图 2。从图 2 可以看出, β 大致在 0.4~2.4 范围内变化。

图 2 梁端弯矩比 β 随 α 的变化Fig. 2 Variation of Moment Ratio β at Beam End with α

根据上述可知,当框架梁承受重力荷载作用时,可取 $L_A/L = L_B/L = 0.15$ 。此时水平荷载效应从 0 逐渐增大直至与竖向荷载相等,即 β 从 0~1.0 变化。在水平荷载与竖向荷载组合工况作用下负弯矩区长度比 L_A/L 与正弯矩区长度比 L_o/L 的变化见表 5。从表 5 可以看出,梁端弯矩较大一端的受拉区长度 L_A 随 β 的增大逐渐增大,梁端弯矩较小一端的受拉区长度 L_B 随 β 的增大逐渐减小,当 $\beta \geq 1.0$

表 5 水平荷载与竖向荷载组合工况作用下负弯矩区与正弯矩区长度比的变化

Tab. 5 Variations of Length Ratios in Negative and Positive Moment Zones Under Horizontal and Vertical Loads

β	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4
受拉区 $L_A L^{-1}$	0.197	0.218	0.237	0.255	0.271	0.286	0.299	0.311	0.322	0.332	0.341
受压区 $L_0 L^{-1}$	0.708	0.717	0.730	0.745	0.729	0.714	0.701	0.689	0.678	0.668	0.659
受拉区 $L_B L^{-1}$	0.095	0.065	0.033	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

时,受拉区长度 L_A 仍不断增大,受拉区长度 L_B 保持为 0。

3 组合框架梁的抗侧力刚度

3.1 组合框架梁的抗侧力刚度增大系数

由于影响组合框架梁抗侧力刚度的因素很多,为了简化起见,假定在水平荷载作用下梁的两端弯矩相等。组合框架梁在水平荷载作用下的内力与变形特点如图 3 所示,其中, θ'_A, θ'_B 均为弯矩转角。

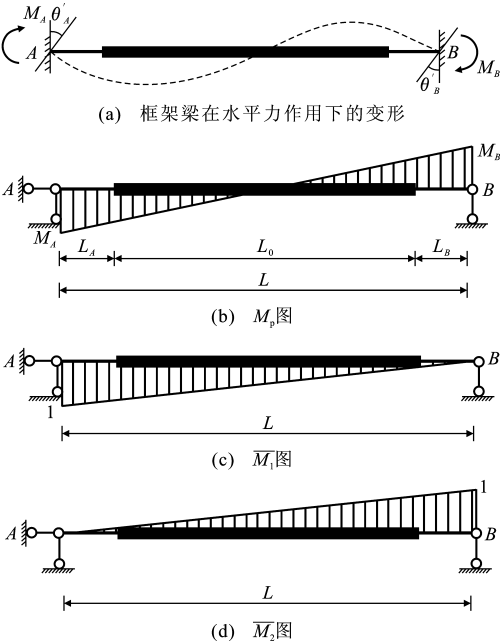


图 3 组合框架梁在水平荷载作用下的内力与变形特点
Fig. 3 Internal Force and Deformation Characteristics of Composite Frame Beam Under Horizontal Loads

根据结构力学理论中的力法^[15],对于两端承受弯矩作用的组合框架梁,在梁弯矩 M_A 与 M_B 共同作用下,建立的弯矩转角柔度方程为

$$\left. \begin{aligned} \delta'_{11} M_A + \delta'_{12} M_B &= \theta'_A \\ \delta'_{21} M_A + \delta'_{22} M_B &= \theta'_B \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

其中

$$\delta'_{11} = \int_0^{L_A} \frac{(1-x/l)^2}{EI'} dx + \int_{L_A}^{L_A+L_0} \frac{(1-x/l)^2}{EI_{eq}} dx + \int_{L_A+L_0}^L \frac{(1-x/l)^2}{EI'} dx \quad (11)$$

$$\delta'_{12} = \int_0^{L_A} \frac{(1-x/l)x/l}{EI'} dx + \int_{L_A}^{L_A+L_0} \frac{(1-x/l)x/l}{EI_{eq}} dx + \int_{L_A+L_0}^L \frac{(1-x/l)x/l}{EI'} dx \quad (12)$$

$$\delta'_{22} = \int_0^{L_A} \frac{(x/l)^2}{EI'} dx + \int_{L_A}^{L_A+L_0} \frac{(x/l)^2}{EI_{eq}} dx + \int_{L_A+L_0}^L \frac{(x/l)^2}{EI'} dx \quad (13)$$

同理,对于两端承受弯矩作用的 H 型钢梁,在梁端弯矩 M_A 与 M_B 共同作用下,弯矩转角柔度方程为

$$\left. \begin{aligned} \delta_{11} M_A + \delta_{12} M_B &= \theta_A \\ \delta_{21} M_A + \delta_{22} M_B &= \theta_B \end{aligned} \right\} \quad (14)$$

采用式(14)计算柔度系数时,仅考虑 H 型钢梁的截面惯性矩 I_0 。

对于混合结构,组合 H 型钢梁在整体抗侧力计算时,梁的刚度增大系数 ξ 可按下式确定

$$\xi = \frac{\theta'_A + \theta_B}{\theta'_A + \theta'_B} \quad (15)$$

假定支座处刚度增大系数 $\mu' = 1.10$,分别取 $\mu = 2.0, 2.5, 3.0$,得到组合框架梁在整体抗侧力计算时的刚度增大系数,如表 6 所示。从表 6 可以看出,由于梁端负弯矩区的影响,对于混合结构常用的楼板厚度与框架梁规格,组合框架梁的刚度增大系数 ξ 比正弯矩区的截面抗弯刚度增大系数 μ 显著降低, ξ 一般为 1.3~1.7,其变化范围较大。组合框架梁的刚度增大系数 ξ 与弯矩比 β 关系密切,当 $\beta = 1.0$ 时 ξ 达到最大值。

组合框架梁的刚度增大系数 ξ 与梁端弯矩比 β 的关系曲线如图 4 所示。从图 4 可以看出,组合框架梁的刚度增大系数 ξ 与其正弯矩区的截面抗弯刚度增大系数 μ 大致成比例关系。当重力荷载作用较大($\beta < 1.0$)时,组合框架梁的刚度增大系数 ξ 随 β 的增加而增长较快;当水平荷载作用较大($\beta > 1.0$)时, ξ 随 β 的增加呈线性减小趋势。

需要指出的是,在上述分析中假定有效宽度范围内楼板的受力状态与 H 型钢梁相同,当框架柱的截面尺寸小于组合框架梁宽度时,柱两侧楼板在侧向力作用下弯矩不会发生突变。

表 6 组合框架梁的刚度增大系数 ξ 随弯矩比 β 的变化

Tab. 6 Variations of Stiffness Amplified Coefficient ξ of Composite Frame Beam with Moment Ratio β

β	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4
$\mu=2.0$	1.325	1.356	1.403	1.470	1.460	1.452	1.447	1.442	1.438	1.435	1.433
$\mu=2.5$	1.394	1.437	1.505	1.601	1.587	1.576	1.567	1.561	1.555	1.551	1.547
$\mu=3.0$	1.445	1.497	1.581	1.703	1.685	1.670	1.660	1.651	1.644	1.639	1.634

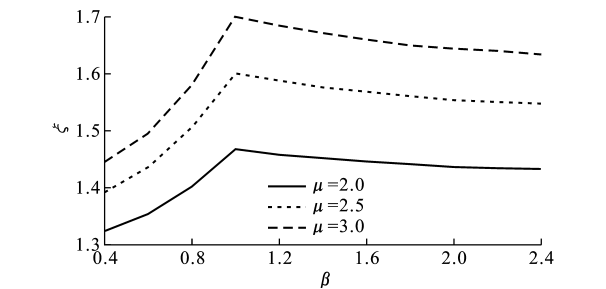


图 4 组合框架梁的刚度增大系数 ξ 与梁端弯矩比 β 的关系曲线

Fig. 4 Relation Curves of Composite Frame Beam Stiffness Amplified Coefficient ξ and Moment Ratio β

此外,上述计算假定楼板为平板,适合现场支模的现浇钢筋混凝土楼板或钢筋桁架楼承板。对于采用波浪形或闭口形压型钢板作为模板的组合框架梁,其混凝土楼板顺肋与横肋方向的性能存在差异,根据压型钢板板型的不同,混凝土楼板的截面惯性矩均有一定程度的降低,因此也会对组合框架梁的刚度增大系数产生一定的影响。

3.2 边框架梁的刚度增大系数

对于混合结构来说,由于 H 型钢梁翼缘宽度通常为 2~3 倍楼板厚度,因此,按照中梁的 1/2 取用边框架梁的刚度增大系数偏于保守。此外,H 型钢边框架梁在构造上很少与柱边外平,加之在梁边带有悬挑楼板相当普遍,因此,应根据实际楼板的翼缘有效宽度确定其刚度增大系数。在混合结构工程中,边框架梁的刚度增大系数一般为 0.7~1.0 倍中梁增大系数,与中梁相同的情况非常普遍。

4 结 语

- (1)对于混合结构的框架梁,组合框架梁正弯矩区截面的抗弯刚度增大系数一般为 2.0~3.0。
- (2)混合结构中,楼板配筋对负弯矩区钢梁惯性矩的增大作用较小,增幅一般在 10%左右。
- (3)在水平荷载作用下,框架梁两端负弯矩区的长度显著不同,可能出现梁端弯矩变号的情况。
- (4)影响组合框架梁截面抗弯刚度增大系数的因素很多,受弯矩比影响显著。在进行风荷载与小震作用等弹性计算分析时,混合结构框架梁的抗弯刚度增大系数一般为 1.3~1.7。

(5)对于混合结构来说,边框架取用中梁刚度增大系数的 1/2 偏小,其刚度增大系数应按实际情况确定。

(6)本研究主要针对风荷载与小震作用工况的抗侧力分析,由于影响组合框架梁抗侧力刚度增大系数的因素非常复杂,需要通过试验进一步验证。

参考文献:

References:

[1] 张喜娥,郭长青,王晓锋,等. 钢-混凝土组合梁的发展及应用[J]. 国外建材科技,2006,27(4):69-71.
ZHANG Xi-e, GUO Chang-qing, WANG Xiao-feng, et al. Development and Application of Steel-concrete Composite Beams [J]. Science and Technology of Overseas Building Materials,2006,27(4):69-71.

[2] JGJ 3—2010,高层建筑混凝土结构技术规程[S].
JGJ 3—2010, Technical Specification for Concrete Structures of Tall Building[S].

[3] 邵 伟. 组合框架梁刚度对结构整体受力性能影响的研究和分析[D]. 南京:东南大学,2009.
SHAO Wei. Research and Analysis of Composite Frame Beam Stiffness on the Stress Performance of the Whole Structure [D]. Nanjing: Southeast China University,2009.

[4] JGJ 99—98,高层民用建筑钢结构技术规程[S].
JGJ 99—98, Technical Specification for Steel Structure of Tall Buildings[S].

[5] CECS 230:2008,高层建筑钢-混凝土混合结构设计规程[S].
CECS 230: 2008, Specification for Design of Steel-composite Mixed Structure of Tall Building[S].

[6] 樊建生,聂建国,贾 维,等. 钢-混凝土连续组合梁的设计方法[J]. 建筑结构,2003,33(1):41-44.
FAN Jian-sheng, NIE Jian-guo, JIA Wei, et al. Design Method of Continuous Steel-concrete Composite Beams[J]. Building Structures,2003,33(1):41-44.

[7] 程 竞,范 重,杨 苏. 钢-混凝土组合梁刚度增大系数影响因素分析[C]//陆新征. 第 22 届全国结构工程学术会议论文集:第 II 册. 北京:《工程力学》杂志社,2013:12-17.
CHENG Jing, FAN Zhong, YANG Su. Analysis of Steel-concrete Composite Beam's Stiffness Amplified Coefficient Factors[C]//LU Xin-zheng. Proceedings

