

文章编号 :1007-649X(2000)02-0015-03

钢筋混凝土深受弯构件的受弯承载力计算

谢丽丽¹, 刘立新², 崔 俊¹

(1. 郑州工业大学综合设计研究院, 河南 郑州 450002; 2. 郑州工业大学土木建筑工程学院, 河南 郑州 450002)

摘 要: 结合我国混凝土结构设计规范修订的需要, 根据我国深梁、短梁专题组的试验结果, 较详细地分析了深受弯构件力臂变化的规律, 提出了可与浅梁衔接的钢筋混凝土深受弯构件的受弯承载力计算公式, 为我国混凝土结构设计规范的修订补充这方面的内容提供了依据。

关键词: 深受弯构件; 深梁; 短梁; 受弯承载力

中图分类号: TU 375.1 文献标识码: A

0 引言

钢筋混凝土深受弯构件是指跨高比 $l_0/h \leq 5$ 的受弯构件, 其中, $l_0/h \leq 2$ 的受弯构件称为深梁; $l_0/h = 2 \sim 5$ 的受弯构件称为短梁; 工程结构中跨高比 $l_0/h > 5$ 的梁一般称为浅梁。浅梁受弯时截面平均应变符合平截面假定(见图 1), 对于受拉钢筋配置适当的适筋浅梁, 在达到受弯承载力极限状态时, 受拉钢筋的应力达到屈服强度 f_y , 受压区混凝土压碎, 其受弯承载力可用下面公式表示:

$$M_u = f_y A_s \left(h_0 - \frac{x}{2} \right), \tag{1}$$

$$x = \frac{f_y A_s}{f_c b}, \tag{2}$$

式中: M_u 为截面所能抵抗的极限弯矩; A_s , f_y 分别为梁底纵向受拉钢筋的截面面积和屈服强度; b , h_0 , x 分别为梁的宽度、截面有效高度和混凝土受压区计算高度; f_c 为混凝土轴心抗压强度, 现行混凝土结构设计规范 GBJ 10-89 采用混凝土的弯曲抗压强度 f_{cm} , 为与国际接轨, 本次规范修订时适当提高了安全度, 取消了 f_{cm} , 改用 f_c 表示。

深梁因其跨高比较小, 受弯时截面应变不再符合平截面假定, 受压区范围较大, 受力模型可比拟为一变截面的拉杆拱(见图 2)。深梁在达到受

弯承载力极限状态时, 梁底纵向受拉钢筋屈服, 但受压区混凝土一般不能压碎, 内力臂 z 随跨高比的减小而有所减小^[1]。

我国深梁专题组在大量试验研究的基础上, 提出了深梁受弯承载力计算公式, 并列入了 GBJ 10-89 规范和钢筋混凝土深梁设计规程 CECS39:92 中^[2~4]:

$$M_u = f_y A_s z, \tag{3}$$

对简支深梁和连续深梁的跨中截面:

$$z = 0.1(l_0 + 5.5h); \tag{4}$$

对连续深梁的支座截面:

$$z = 0.1(l_0 + 5h), \tag{5}$$

式中: z 为深梁达到受弯承载力极限状态时的内力臂; l_0 , h 分别为梁的计算跨度和高度, 其余符号同前。

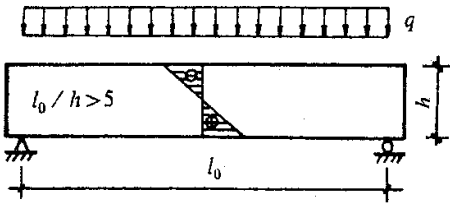


图 1 浅梁($l_0/h > 5$)受弯截面应变分布

短梁处于深梁和浅梁的过渡范围, 由于深梁和浅梁受承载力计算的受力模型不同, 给短梁受

收稿日期: 1999-12-03, 修订日期: 2000-02-20

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(59478022); 河南省自然科学基金资助项目(984043000)

作者简介: 谢丽丽(1954-), 女, 河南省漯河市人, 郑州工业大学高级工程师, 主要从事钢筋混凝土和砌体结构工程设计方面的研究。
万方数据

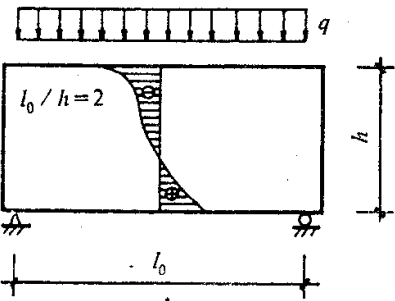


图 2 深梁 ($l_0/h \leq 2$) 受弯截面应变分布

弯承载力公式的建立带来了困难, 现行 GBJ 10-89 规范尚未列入短梁的设计方法. 本次规范修订时将深梁和短梁统一称为受弯构件, 并要求解决深受弯构件和浅梁计算的衔接问题. 本文即是配合规范的修订, 根据国内外已有的试验结果, 分析深梁和短梁受弯承载力的特点, 提出可与浅梁衔接的深受弯构件受弯承载力计算公式, 为规范的修订提供依据.

1 简支和连续深受弯构件跨中截面受弯承载力分析

图 3 是我国深梁专题组试验的 93 根简支深梁、部分连续深梁以及短梁和浅梁跨中截面实测内力臂 z_t 随跨高比 l_0/h 变化的情况, 实测内力臂 z_t 按下式求出

$$z_t = \frac{M_u^t}{f_y A_s} \quad (6)$$

式中: M_u^t 为试验梁的实测极限抵抗弯矩; A_s 、 f_y 分别为梁底纵向受拉钢筋的实际截面面积和屈服强度.

图 3 中还给出了列入 GBJ 10-89 的深梁跨中截面的力臂曲线式 (4), 以及浅梁的力臂曲线式 (1) (近似取 $h_0 = 0.9h$, $x = 0.2h$). 从图中可以看出, 深梁的内力臂离散性较大, 短梁和浅梁内力臂的离散性逐渐减小, 但内力臂的下限值随跨高比的增大而增大. 并且, 式 (4) 仅适用于深梁的范围, 若将式 (4) 延伸至短梁, 则计算内力臂偏大; 同样, 式 (1) 与浅梁的试验结果符合较好, 但若将式 (1) 延伸至短梁, 也偏于不安全, 即式 (4) 和式 (1) 不能衔接.

为解决短梁受弯承载力计算的过渡问题, 可从常见的浅梁受弯承载力计算公式式 (1) 出发, 对内力臂进行修正, 即令

$$\alpha_d = \frac{M_u^t}{\text{万方数据} \left(h_0 - \frac{x}{2} \right)} = a + b \frac{l_0}{h}, \quad (7)$$

式中: α_d 为内力臂修正系数, 由于浅梁符合平截面假定, 而深梁不符合平截面假定, 所以 α_d 也可以看作是对平截面假定的修正. 根据深梁、短梁和浅梁的试验结果, 求出跨中截面的 α_d 随跨高比变化, 如图 4 所示, 其下限为

$$\alpha_d = 0.75 + 0.05 \frac{l_0}{h}, \quad (8)$$

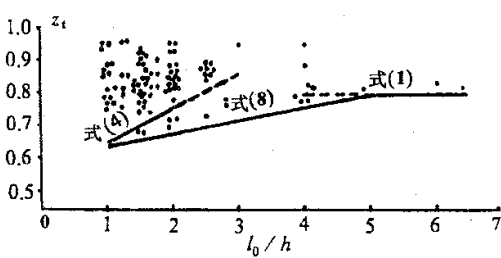


图 3 深受弯构件跨中截面的内力臂

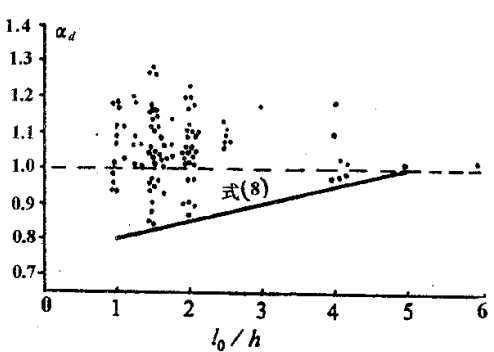


图 4 跨中截面内力臂修正系数

由此可得到深受弯构件跨中截面受弯承载力计算公式为

$$M_u = f_y A_s \alpha_d \left(h_0 - \frac{x}{2} \right), \quad (9)$$

式中 x 仍按式 (2) 计算. 由式 (8) 式 (9) 可见, 当 $l_0/h = 1$ 时, 内力臂 $z = \alpha_d \left(h_0 - \frac{x}{2} \right) = 0.64h$ (近似取 $h_0 @ = 0.9h$, $x = 0.2h$), 与按式 (4) 计算的 $z = 0.65h$ 十分接近; 当 $l_0/h = 5$ 时, $\alpha_d = 1$, 即为浅梁的计算公式 (1). 图 3 中也给出了按式 (8) 式 (9) 计算的内力臂值, 可见按式 (8) 式 (9) 计算深受弯构件受弯承载力可较好地实现与浅梁的衔接.

2 连续深受弯构件中间支座截面受弯承载力分析

试验研究表明, 连续深梁支座截面正应力 σ_x 的分布随跨高比而变化, 当 $l_0/h \approx 1$ 时, 最大拉应力不在受拉区边缘而向下移至截面形心之下 (见图 5), 因而支座截面受弯内力臂较小. 图 6 为部分连续深受弯构件实测内力臂的变化情况, 从图

中可见,支座截面的内力臂仍随跨高比的增大而增大.为与浅梁相衔接,可采用和跨中截面类似的方法,求出支座截面的力臂修正系数

$$\alpha_d = 0.70 + 0.06 \frac{l_0}{h}, \quad (10)$$

当 $l_0/h=1$ 时,按式(9)和式(10)求出的内力臂 $z=0.608h$,与按式(5)求出的 $z=0.6h$ 十分接近;当 $l_0/h=5$ 时,与浅梁计算结果一致.由图 7 可见,式(9)与试验结果符合较好,并偏于安全.

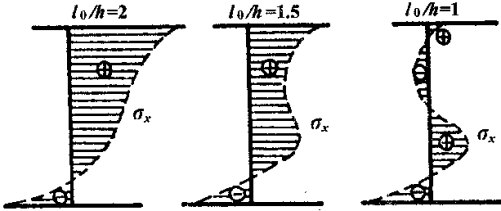


图 5 连续深梁支座截面正应力 σ_x 的分布

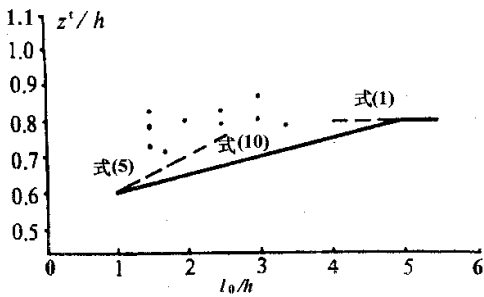


图 6 深受弯构件支座截面的内力臂

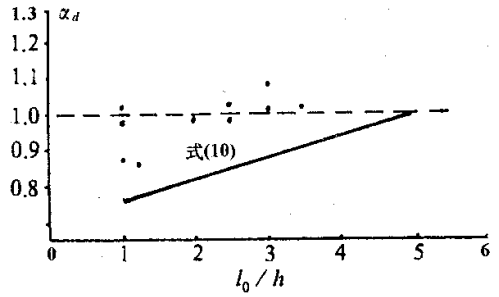


图 7 支座截面内力臂修正系数

3 结论和设计建议

通过以上分析可以看出,深梁和浅梁受弯时的受力模型虽然不同,但通过引入与跨高比有关的内力臂修正系数来修正按照平截面假定得到的浅梁公式,可以较好地实现深梁和浅梁受弯承载力计算的衔接.本文建议:按照式(9)计算深受弯构件的抵抗弯矩,其中 x 按式(2)计算,内力臂修正系数对跨中截面按式(8)计算,对连续深受弯构件的支座截面按式(10)计算.

参考文献:

- [1] LEONHARDT F. 特殊钢筋混凝土构件设计[M]. 程积高,译.北京:北京水利电力出版社,1989.
- [2] 混凝土结构设计规范深梁专题组. 钢筋混凝土深梁的试验研究[M]. 建筑结构学报,1987,8(4): 23-25.
- [3] GBJ 10-89 混凝土结构设计规范[S].
- [4] CECS 39, 钢筋混凝土深梁设计规程[S].

Calculation of Ultimate Moment of Reinforced Concrete Deep Flexural Members

XIE Li-li¹, LIU Li-xin², CUI Jun¹

(1. Comprehensive Design Institute, Zhengzhou University of Technology, Zhengzhou 450002, China; 2. College of Civil & Building Engineering, Zhengzhou University of Technology, Zhengzhou 450002, China)

Abstract: In this paper, based on the test results of reinforced concrete deep beams, short beams and slender beams under flexure, the behavior and the ultimate moment of deep flexure members are discussed in detail. The calculating formulas for flexure bearing capacity and the design suggestion of reinforced concrete deep flexural members are also given, and this may provide reference for the revision of P. R. C. Design Code.

Key words: deep flexural members; deep beams; short beams; flexural bearing capacity