

混凝土构件斜截面承载力计算方法的改进

周立峰

(三九企业集团, 深圳 518000)

摘要: 讨论了 GBJ10-89《混凝土结构设计规范》中关于斜截面承载力计算存在的不足,提出了改进的计算方法。

关键词: 混凝土结构; 斜截面承载力; 剪力

中图分类号: TU37; TU312

文献标识码: A

文章编号: 1008-7680(2001)04-0015-04

混凝土构件斜截面承载力计算是混凝土在复杂应力作用下的强度问题。试验表明,斜截面的破坏形式与承载力受荷载特征、构件的支承条件、配筋形式和数量、截面形状以及预加应力等多种因素的影响相关。此外,由于混凝土材料的非均质、非弹性性质,即使条件完全相同,试验结果也十分离散。

从设计角度来看,一方面希望提高计算的精度,使计算值与试验结果尽可能接近,因此,计算公式中唯有引入更多的参数,但其结果使计算公式变得十分复杂;另一方面,实际设计生产则要求计算公式表达形式简单、通用性强,便于使用,因此过于复杂的公式就难以接受,特别是广义剪跨比 M/Vh_0 和连续构件中反弯点位置等参数,需要计算出构件每个截面的内力 (M 、 V) 值,计算工作量增加很多。

鉴于上述情况,《混凝土结构设计规范》(GBJ10-89)关于斜截面承载力的计算采用了完全不同于正截面承载力计算的方法来处理。考虑到设计的目的只要求在一定可靠度水平上保证构件不出现斜截面剪切破坏,并不要求求得确切的斜截面承载力。分析已有的试验资料表明,斜截面剪切破坏总是集中出现在一个特定的区域即剪切强度控制区内,这个区域有其上限和下限。分析剪切强度控制区的分布,通过剪切强度和弯曲强度的关系界定这个区域,取用剪切强度控制区的偏下限,即满足设计可靠度要求的下限值作为斜截面的计算承载力^[1]。现行规范较好地解决了这个计算问题。

近10年来,结构工程技术的长足进步给设计提出了一些新的问题。可以概括为:

(1) 结构混凝土强度级别提高,现行规范关于斜截面承载力计算公式则是依据70年代以前中、低强度混凝土的试验结果分析所得,对高强混凝土计算公式是否仍然适用?

(2) 大跨结构增加,在这些结构中梁的高度往往很大,现行规范基于普通梁试验结果的计算公式是否可以延伸到大尺寸构件的计算?

收稿日期: 2001-07-16

作者简介: 周立峰(1963-),男,山东聊城人,深圳三九企业集团工程师,硕士,主要从事建筑工程结构方面的研究。

本文将讨论这些问题.

1 混凝土强度提高的影响

试验表明,对于高强混凝土斜截面强度破坏的形态与普通混凝土相同,有斜压、剪压、斜拉破坏等,但在无腹筋梁中常同时出现沿主筋部位的撕裂.斜截面承载力随剪跨比 λ 的增加而降低,但当剪跨比 $\lambda > 3 \sim 4$ 时,其影响变得不明显.

混凝土材料的抗剪强度 τ_u 与其抗压强度 f_c 不成比例,而且两者之比随混凝土强度的提高呈下降趋势.国外 Mphone 对高强混凝土的试验得到:

$$\tau_u = \sqrt[3]{f_c}$$

国内清华大学对混凝土强度从 20 ~ 90 MPa 做无腹筋梁试验,结果给出梁的抗剪强度大体与 $\sqrt{f_c}$ 成正比.国外 Thorenfeldt 报告,当混凝土强度超过 80 MPa 时,无腹筋梁的抗剪强度甚至有下降趋势.

对于配有箍筋的梁,现行 GBJ10-89^[2] 的斜截面承载力计算采用

$$V_{cs} = V_c + V_{sv} \quad (1)$$

$$V_c = \begin{cases} 0.07 & \text{矩形、T、I 形截面一般梁} \\ \frac{0.2}{\lambda + 1.5} f_c b h_0 & \text{受以集中荷载为主的矩形截面独立梁} \end{cases} \quad (2)$$

$$V_{sv} = \begin{cases} 1.5 & \text{矩形、T、I 形截面一般梁} \\ 1.25 f_{yv} \frac{A_{sv}}{S} h_0 & \text{受以集中荷载为主的矩形截面独立梁} \end{cases} \quad (3)$$

计算值与高强混凝土无腹筋约束梁的试验结果如图 1 所示.现行规范计算公式明显地高估了实际梁的斜截面承载力.高强混凝土有腹筋梁的试验结果也显示了类似的不安全情况.

2 截面尺寸效应

截面尺寸效应对斜截面承载力的影响随截面高度的增大会变得不可忽略.

日本 Ignuro 等曾做过普通强度混凝土矩形截面无腹筋简支梁在均布荷载作用下的截面尺寸效应试验.梁的跨高比为 12,截面高度 h 从

12 cm 至 314 cm 不等.试验发现梁高为 12 和 22 cm 的小尺寸梁的破坏呈现弯曲破坏,而大尺寸梁则均为剪切破坏.以梁支座处名义剪应力表示的斜截面承载力,当梁高为 60 cm 时,为 $0.031f_c$,而当梁高为 300 cm 时,则降到 $0.018f_c$.

挪威的试验报告了高强混凝土无腹筋梁斜截面开裂强度随截面尺寸增大而显著下降的情况,截面高 50 cm 梁的强度约为截面高 25 cm 梁的 0.75.

现行规范关于斜截面承载力的计算公式是以一般尺寸试件试验结果为样本的.在一般结构工程中,构件截面尺寸效应的影响相对较小,而且这种影响还由于配置腹筋而减小^[3],因此计算公式中不考虑截面尺寸效应参数.对于截面高度较大的情况,现行规范公式有必要作相应的修正.

3 斜截面承载力计算公式的改进

综上所述,对于斜截面承载力计算公式的修改可以采用在总体上保持现行规范的计算公式表

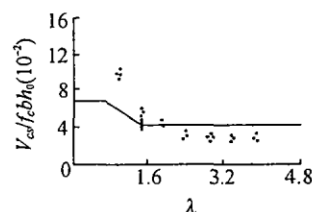


图 1 高强混凝土无腹筋约束梁试验结果

(图中粗实线为现行规范计算值,试件 $f_{cu} = 73 \sim 92$ MPa)

达形式,即保持(1)式的形式,作局部调整的方法。

根据均布荷载作用下 80 根无腹筋简梁(其中 59 根浅梁,7 根短梁,14 根深梁)的试验结果,以支座处剪力进行计算可得:

$$V_c = 0.7\beta_h\beta_{\rho}f_tbh_0 \quad (4)$$

式中: β_h ——截面尺寸效应系数, $\beta_h = 80\sqrt{2/h}$;

β_{ρ} ——纵向受拉钢筋配筋率影响系数, $\beta_{\rho} = (0.7 + 20\rho)$;

h ——梁截面高度(mm)。

根据集中荷载作用下 222 根无腹筋简支梁(其中 144 根浅梁,14 根短梁,64 根深梁)的试验结果,以支座处剪力进行计算可得:

$$V_c = \frac{1.75}{\lambda + 1}\beta_h\beta_{\rho}f_tbh_0 \quad (5)$$

式中: λ ——剪跨比, $\lambda = \frac{M}{Vh_0} \in [0.25, 3.0]$

取偏下限值:

$$V_c = \begin{cases} 0.75f_tbh_0 & (\text{均布荷载作用下}) \\ \frac{1.75}{\lambda + 1}f_tbh_0 & (\text{集中荷载作用下}) \end{cases} \quad (6)$$

则可满足 0.95 的可靠概率要求。

对仅配有箍筋的一般受弯构件和集中荷载作用下的独立梁(包括作用有多种荷载,且其中集中荷载对支座截面或节点边缘所产生的剪力值占总剪力值的 0.75 以上的情况),斜截面承载力分别修正为

$$V_{cs} = 0.7\beta_hf_tbh_0 + 1.25f_{yv}\frac{A_{sv}}{S}h_0 \quad (7)$$

$$V_{cs} = \frac{1.75}{\lambda + 1.0}\beta_hf_tbh_0 + 1.0f_{yv}\frac{A_{sv}}{S}h_0, \lambda \in [1.5, 3.0] \quad (8)$$

(7)式与受均布荷载梁试验值的比较分析如表 1 所示,(8)式与受集中荷载梁试验值的比较分析如表 2 所示,表中 V'_u 为试验值, V_u 为计算值。(7)式(8)式计算值为满足 0.95 可靠概率的偏下限值。

表 1 (7)式计算值与受均布荷载梁试验值的比较分析

计算截面	试验数据	V'_u/V_u 平均值	变异系数 δ
支座截面	42	2.155	0.2363
距支座边缘 h_0 截面	42	1.620	0.2257

表 2 (8)式计算值与受集中荷载梁试验值的比较分析

试件类型	试验数据	V'_u/V_u 平均值	变异系数 δ
简支	154	1.332	0.2224
连续	126	1.218	0.2629

斜截面承载力的上限值用混凝土强度影响系数 β_c 修正:

$$V \leq \begin{cases} 0.25 & (\text{当 } h_w/b \leq 4 \text{ 时}) \\ \beta_c f_t b h_0 & \\ 0.20 & (\text{当 } h_w/b \geq 6 \text{ 时}) \end{cases} \quad (9)$$

当 $h_w/b \in (4, 6)$ 时,可按直线内插法确定 V 值。

(10)

式中: $\beta_c = \begin{cases} 1.0 & (\text{当 } f_{cu,k} \leq 50 \text{ MPa 时}) \\ 0.8 & (\text{当 } f_{cu,k} = 80 \text{ MPa 时}) \end{cases}$
当 $f_{cu,k} \in (50, 80) \text{ MPa}$ 时, 按直线内插法确定 β 值.

参考文献:

- [1] 中国建筑科学院研究院编. 钢筋混凝土结构设计与构造[Z]. 北京: 中国建筑科学研究院, 1985. 112 - 114.
- [2] GBJ10-89, 混凝土结构设计规范[S].
- [3] 陈肇元, 朱金铨, 吴佩刚. 高强混凝土及其应用[M]. 北京: 清华大学出版社, 1992. 158 - 162.

Improvement of the calculating method of load capacity of diagonal section in concrete members

ZHOU Li-feng

(Sanjiu Enterprise Group, Shenzhen 518000, China)

Abstract: The deficiencies of calculating method of load capacity of diagonal section in the current Concrete Structure Design Code (GBJ10-89) are discussed in this paper. The improved calculating method is here-in put forward.

Key words: concrete member; load capacity of diagonal section; shear