

有腹筋钢筋砼短梁抗剪强度的 的试验研究*

李平先 丁自强 赵广田

(郑州工学院)

摘 要: 本文通过对24根有腹筋钢筋砼短梁的试验研究,分析了不同荷载下腹筋形式、剪跨比、跨高比对抗剪强度的影响,描述了试件的破坏形态和破坏机理。探讨了有腹筋短梁抗剪强度的计算方法,文中所建议计算公式与试验结果符合良好。

关键词: 钢筋混凝土, 短梁, 抗剪强度

中图分类号: TU37

根据《混凝土结构设计规范》^[1]关于抗剪设计的规定,浅梁(普通梁)和深梁不但抗剪强度计算方法不连续,而且配箍形式也不相同;在深梁中为垂直腹(箍)筋;在深梁中为由水平腹筋和垂直腹筋组成的钢筋网,水平腹筋按计算配置,垂直腹筋按构造配置。处于深梁与浅梁之间的短梁的腹筋应如何配置和计算是有待研究的问题。为此,笔者做了24根有腹筋钢筋混凝土梁的剪切试验以探讨短梁中腹筋的作用和有腹筋短梁抗剪强度计算方法。文献[2]曾建议跨高比 $l_0/h = 2 \sim 5$ 之间的梁定义为短梁,本文试验梁的范围大多数处于上述范围之内。

1 试验简述

为了与无腹筋短梁比较,试验梁的下列设计参数与文献[2]的无腹筋梁相同:

截面尺寸: $b \times h = 120 \times 300 \text{mm}$;

纵筋为: $2\Phi 18 + 2\Phi 16$, 配筋率 $\rho = 2.92\%$; 混凝土设计等级为: C_{20} ;

跨高比 $l_0/h = 2, 3, 4, 5, 6, 8$;

剪跨比 $\lambda = a/h_0 = 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0$ 。

* 收稿日期: 1990-04-24

** 参加本试验工作的还有: 张煜钦、张启明、时建、李清富、袁群、常海光、庞新涛等同志。

*** 水利水电科学基金资助项目

所不同的是增配了腹筋: 仅配水平腹筋梁 11 根, 仅配垂直腹筋梁 11 根, 二种腹筋兼配的梁 2 根。

水平腹筋为 $\Phi 6@8$, 腹筋率 $\rho_{sh} = A_{sh} / bS_v = 0.295\%$

垂直腹筋为 $\Phi 6@10$, 腹筋率 $\rho_{sv} = A_{sv} / bS_h = 0.236\%$

在此, A_{sh} 和 S_v 分别为水平腹筋的面积和间距, A_{sv} 和 S_h 分别为垂直腹筋的面积和间距。

混凝土配合比为 1: 3.048: 4.972, 采用 425 号普通硅酸盐水泥, 中粗砂和碎石, 水灰比为: 0.6~0.63。

试验梁加载方式为两种, 集中荷载 (两点对称集中荷载) 和均布荷载八点等代均布荷载)。加载方式和测试内容与文献[2]的无腹筋梁相同。试验梁配筋和钢筋应变片测点位置见图 1, 钢筋应变片贴在与估计的临界斜裂缝相交的腹筋和纵筋表面上。

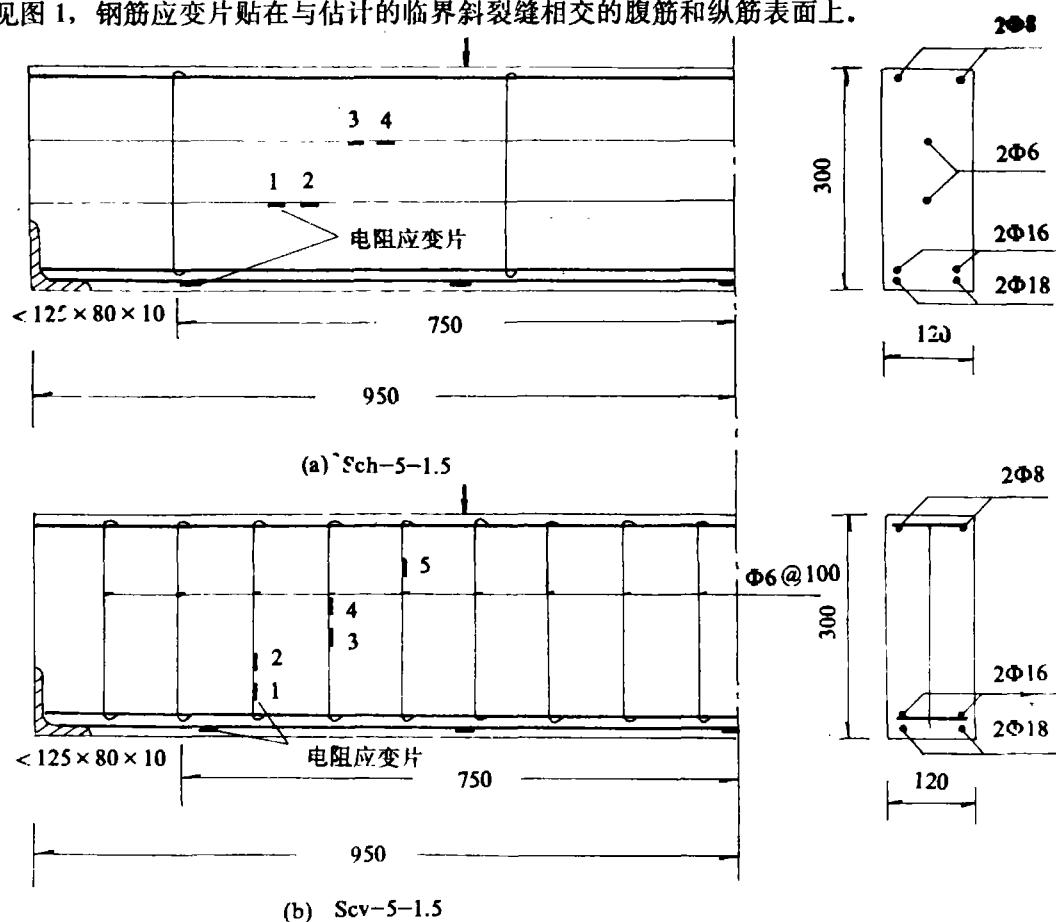


图 1 试验梁配筋和应变片位置

表 1 有腹筋短梁试验主要结果

荷载形式	梁号	b (mm)	h (mm)	l (mm)	f_{cu} (MPa)	ρ_{sh} (%)	ρ_{sv} (%)	斜裂缝出现剪力 V_{cra} (KN)	极限剪力 V_u (KN)	破坏形态
两点对称集中荷载	sch-2-1	124	301	999	24.83	0.295		37.94	155.44	斜压
	scv-2-1	126	302	1000	24.69		0.236	35.41	160.41	斜压
	sch-4-2	122	302	1599	24.79	0.295		33.23	50.73	剪压
	scv-4-2	124	301	1610	25.48		0.236	28.22	85.72	剪压
	sch-5-1.5	124	302	1898	26.12	0.295		30.94	85.94	剪压
	scv-5-1.5	122	304	1899	32.67		0.236	35.93	120.93	剪压
	sch-5-2.5	126	303	1912	27.23	0.295		18.40	53.40	斜拉
	scv-5-2.5	123	303	1907	23.78		0.236	28.38	73.38	剪压
	sch-6-3	125	305	2224	27.63	0.295		33.54	46.04	斜拉
	scv-6-3	125	302	2206	28.67		0.236	18.53	68.53	剪压
	schv-5-1	124	300	1896	31.66	0.295	0.236	35.94	170.94	斜压
	schv-5-1.5	125	304	1897	23.53	0.295	0.236	35.95	100.95	剪压
八点等代均布荷载	suh-2	125	302	1008	27.72	0.295		61.11	316.11	斜压
	suv-2	127	301	1009	26.89		0.236	70.92	295.92	斜压
	suh-3	124	303	1302	28.67	0.295		68.59	276.09	剪压
	suv-3	125	302	1307	29.16		0.236	71.07	306.07	斜压
	suh-4	124	301	1618	32.00	0.295		51.31	261.31	剪压
	suv-4	121	301	1599	29.04		0.236	66.20	276.20	斜压
	suh-5	121	303	1906	27.01	0.295		58.73	156.23	剪压
	suv-5	125	301	1905	25.97		0.236	56.22	216.22	剪压
	suh-6	123	302	2205	28.52	0.295		46.57	151.57	剪压
	suv-6	125	304	2206	32.98		0.236	31.22	176.22	剪压
	suh-8	126	302	2805	25.88	0.295		36.93	81.93	剪压
	suv-8	125	303	2805	27.29		0.236	36.92	161.92	弯曲

表注: 1、梁号的第二列数字代表跨高比, 第三列数字代表剪跨比;

2、 V_{cra} 和 V_u 均以支座截面剪力表示;

3、钢筋实测屈服强度 f_y : 纵筋 $\Phi 18$, $f_y = 428.3\text{MPa}$; $\Phi 16$, $f_y = 432.7\text{MPa}$; 腹筋 $\Phi 6$, $f_y = 336.9\text{MPa}$.

2 主要试验结果与腹筋的作用

有腹筋短梁从开始加载到破坏,经历了未裂阶段、裂缝开展阶段和破坏阶段。24根试验梁有23根发生剪切破坏,1根为弯曲破坏。斜裂缝型式有弯剪缝、腹剪缝两种。破坏形式主要有斜压、斜拉和剪压三种,试验主要结果见表1。抗剪强度随剪跨比的增大而降低,在均布荷载情况下随跨高比的增大而降低。以上剪切特征与无腹筋短梁的试验结果相同^[2],不拟赘述。以下主要叙述腹筋的作用。

2.1 腹筋应变实测实例

图2以跨高比为2和5的四根配腹筋均布荷载梁为例,表示腹筋实测应变变化。

2.1.1 在斜裂缝出现前,腹筋的应变很小,梁处于弹性工作阶段。对跨高比为2的梁,垂直腹筋为压应变,水平腹筋为拉应变。与无腹筋梁实测资料[2]比较表明,腹筋的配置对斜裂缝出现荷载无影响。

2.1.2 斜裂缝出现后,无论是水平腹筋和垂直腹筋,随着荷载的增加而陆续转入受拉工作状态。当斜裂缝穿过腹筋时,该处腹筋应变突然增加;如果与临界斜裂缝相交,破坏时腹筋是否屈服与剪跨比或跨高比的大小有关,其统计结果见表2。从该表可知:

表2 腹筋极限应变实测统计

荷载形式	剪跨比或跨高比	腹筋形式	通过临界斜裂缝的应变片数	达到屈服数	占百分比 (%)
集中荷载	$\lambda = 1$	水平腹筋	4	4	100
		垂直腹筋	3	1	33.3
	$\lambda > 1$	水平腹筋	7	2	28.6
		垂直腹筋	20	18	90
均布荷载	$l_0/h \leq 3$	水平腹筋	10	8	80
		垂直腹筋	5	3	60
	$l_0/h > 3$	水平腹筋	6	1	16.7
		垂直腹筋	21	21	100

(1) 集中荷载作用下,当 $\lambda = 1$ 时,通过斜裂缝的水平腹筋均屈服,而垂直腹筋只有33.3%的屈服,说明水平腹筋比垂直腹筋的作用相对要大;当 $\lambda > 1$ 时,有28.6%的水平腹筋屈服,有90%的垂直腹筋屈服,说明这时垂直腹筋作用大于水平腹筋。

(2) 在均布荷载作用下,当 $l_0/h \leq 3$ 时,有80%的水平腹筋屈服,有60%的垂直腹筋屈服,这说明无论是水平腹筋还是垂直腹筋均有一定作用,但两者相比,水平腹筋的作用更大些;当 $l_0/h > 3$ 时,有16.7%的水平腹筋屈服,而垂直腹筋均屈服,表明跨高比较大时,垂直腹筋起主要作用。

另外,为了便于同条件下的对比,还做了两根剪跨比分别为1.0和1.5且每根兼配水平腹筋和垂直腹筋的梁(参见表1),实测到通过临界斜裂缝的7片水平腹筋应变片中,共

有2片屈服, 且均在 $\lambda=1$ 的梁中, 而11片通过临界斜裂缝的垂直腹筋应变片全部屈服, 其中7片在 $\lambda=1.5$ 的梁中, 这也说明小剪跨梁中水平腹筋作用较大而剪跨较大时垂直腹筋作用较大。

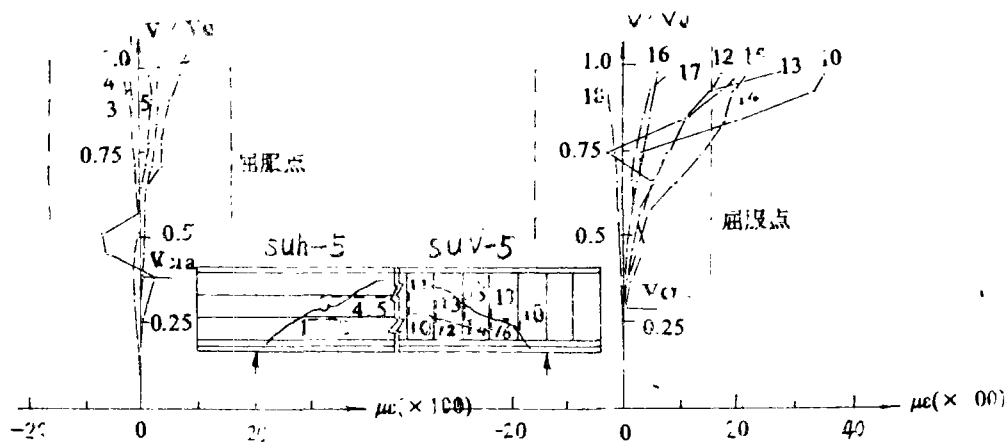
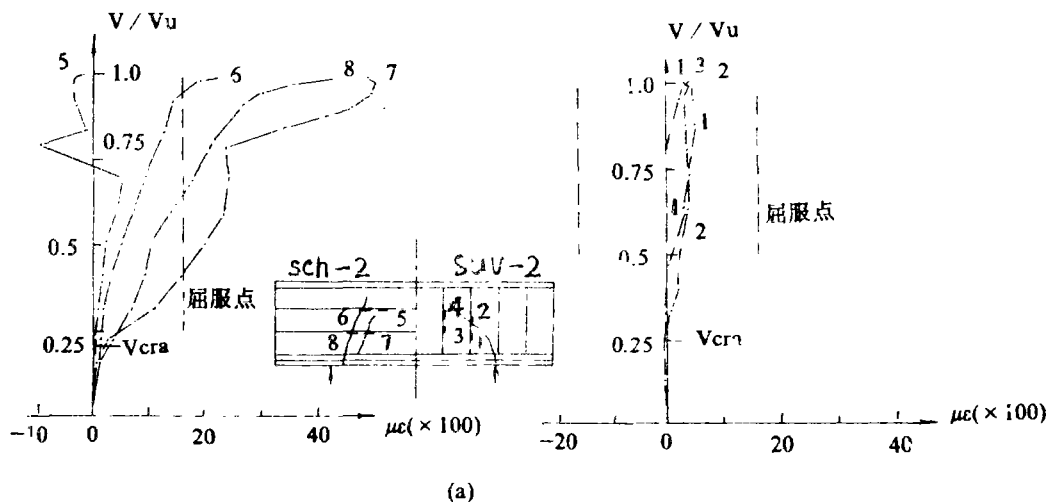


图2 腹筋应变实测

2.2 腹筋的作用

根据实测, 在短梁中配置腹筋可以起到限制斜裂缝开展宽度、改善破坏形态和提高抗剪强度的作用。

2.2.1 改善破坏形态, 主要是防止斜拉破坏。参看表1, 剪跨比为2.5的sch-5-2.5梁, 由于配置了垂直腹筋, 其破坏形态为剪压破坏, 而文献[2]中同条件无腹筋梁却发生了斜拉破坏。但是, 在这种较大的剪跨比情况下, 仅配水平腹筋都达不到上述目的, sch-5-2.5和sch-6-3.0仍为斜拉破坏。

2.2.2 提高抗剪强度

试验结果表明, 配置腹筋能提高短梁的抗剪强度, 但水平腹筋和垂直腹筋的作用与剪

跨比和跨高比有关。

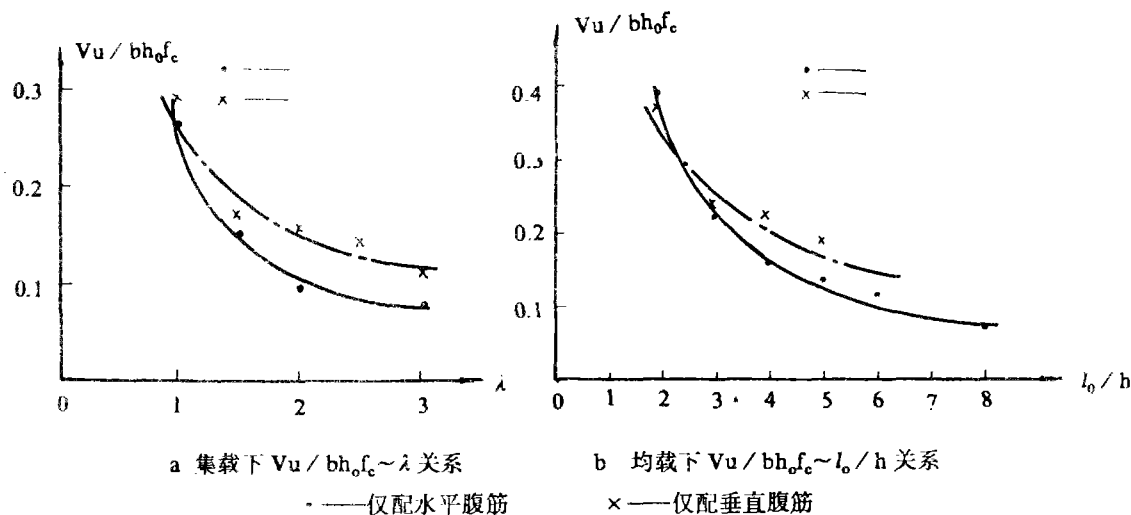


图 3

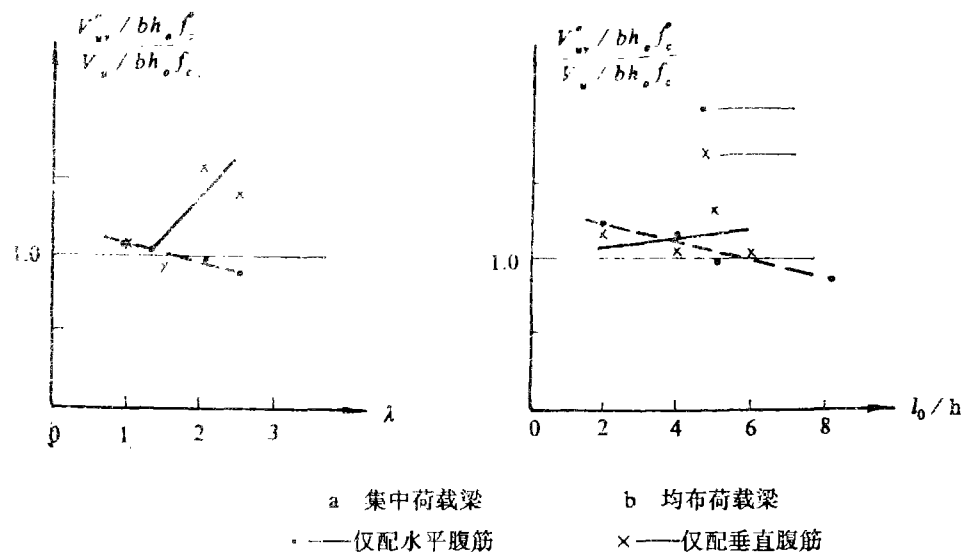


图 4 V_u^0 与 V_u 的比较

图 3 的实测资料表明,无论是水平腹筋还是垂直腹筋,对集中荷载梁,抗剪强度随跨比的增大而降低;对均布荷载梁,抗剪强度随跨高比的增大而降低,与无腹筋短梁的试验结果^[2]相同,但两种腹筋有程度上的差异。在接近深梁边界处,即 $\lambda=1$ (集中荷载)或 $l_0/h=2$ (均布荷载)附近水平腹筋和垂直腹筋短梁的抗剪强度基本相等,但前者稍高。在接近浅梁一侧,即 $\lambda=2.5\sim 3.0$ (集中荷载)或 $l_0/h=8$ (均布荷载)附近,则垂直腹筋梁的抗剪强度明显高于水平腹筋梁的抗剪强度。

这一现象在将有腹筋短梁与无腹筋短梁^[2]作比较时也得到同样结果,如图 4。该图表明:在 $\lambda=1$ (集中荷载)或 $l_0/h=2$ (均布荷载)时,两种腹筋梁的抗剪强度比无腹筋梁均

提高不大,最多未超过20.6%,但水平腹筋梁高于垂直腹筋梁;在 $\lambda=2.5$ (集中荷载)或 $l_0/h=6\sim 8$ (均布荷载)时,垂直腹筋提高抗剪强度的作用显著,最大超过51.8%,但水平腹筋梁的抗剪强度没有提高。

这种规律性的关系可以从破坏形态得到解释。当 $\lambda=1$ 或 $l_0/h=2$ 时,根据试验结果,梁的破坏形态只可能是斜压破坏,在荷载与支座之间形成的斜压柱的强度主要来源于混凝土,多条平行的斜裂缝是由于横向拉力产生的结果。此时,破坏斜裂缝的倾角(与梁轴线的夹角)大于 45° ,穿过该斜裂缝的水平腹筋多于垂直腹筋,而水平腹筋又能起到限制斜压柱体内部混凝土劈裂裂缝扩张的作用,因此水平腹筋的作用比垂直腹筋的作用稍大。

当 $\lambda=2.5\sim 3.0$ (集中荷载)或 $l_0/h=5$ (均布荷载)时,斜截面破坏的形态可能是斜拉破坏(无腹筋或水平腹筋)或剪压破坏(有垂直腹筋),此时破坏斜截面的倾角小于 45° ,穿过斜裂缝的水平腹筋数少于垂直腹筋,斜拉破坏仅是由于梁的上部混凝土被拉开而产生的,水平腹筋的作用很小。

通过两根梁的第二次试验探讨了斜压破坏与剪压破坏的分界与剪跨比的关系。sch-5-1.5和scv-5-1.5第一次试验一端产生剪压破坏后,利用剩下未破坏部分,移动支座和加载点位置,又做第二次加载,试验剪跨比分别为 $\lambda=1.2$ 和 1.3 。试验结果表明, $\lambda=1.2$ 时梁发生斜压破坏; $\lambda=1.3$ 时,破坏形式兼有斜压破坏和剪压破坏的特征;无腹筋梁[2]在 $\lambda=1$ 时也都发生斜压破坏。因此可以认为,当 $\lambda<1.3$ 时,无论是有腹筋梁或无腹筋梁都会发生斜压破坏, $\lambda=1.3$ 可以作为斜压破坏与剪压破坏的分界,同时也是水平腹筋和垂直腹筋何者作用较大的分界,参看图4。

3 有腹筋短梁抗剪强度计算方法的探讨

3.1 基本假定和要求

3.1.1 有腹筋短梁的抗剪强度 V_u 为无腹筋短梁的抗剪强度 V_c 和腹筋的抗剪强度 V_s 的叠加,而 V_s 又为水平腹筋的抗剪强度 V_{sh} 和垂直腹筋的抗剪强度 V_{sv} 的叠加:

$$V_u = V_c + V_s \quad (1)$$

式中: $V_s = V_{sh} + V_{sv} \quad (2)$

3.1.2 短梁为深梁与浅梁之间的梁,其跨高比 $l_0/h=2\sim 5$,具有过渡性质。要求短梁抗剪强度计算公式在短梁的界限处分别与深梁和浅梁的计算方法相衔接。在与深梁交界处,按计算配置水平腹筋;在与浅梁交界处,水平腹筋不起作用,只须按计算配置垂直腹筋。在短梁的两界限之间, V_c 或 V_s 都假定按连续性规律变化。

3.1.3 由于短梁剪切试验资料都是在较高的纵筋配筋率下进行试验获得的,再加上混凝土离散性的影响,剪切试验结果相当离散,因此,建议方法按偏下限的要求建立公式。

3.2 V_c 的计算

无腹筋短梁的抗剪强度 V_c 即为有腹筋短梁混凝土受压区承担的剪力。根据文献[2]的分析和试验证实,以破坏斜截面末端的广义剪跨比表示可以将任意荷载梁的抗剪强度计算方法统一起来,由此提出建议方法一;考虑到规范[1]仍采用习惯的以斜截面始端剪力作为计算(外)剪力,据此提出建议方法二。两种建议方法均引用文献[2]的建议公式:

3.2.1 建议方法一:

$$V_c = \frac{0.17}{\lambda + 0.43} f_c b h_0 \quad (3)$$

式中: $\lambda = M / V h_0$, 对集中荷载梁, $\lambda = a / h_0$; λ 的取值:

对 $l_0 / h > 5$ 的梁: 当 $\lambda > 3$ 时, 取 $\lambda = 3$; 当 $\lambda < 2$ 时, 取 $\lambda = 2$.

对 $l_0 / h = 2 \sim 5$ 的梁: 当 $\lambda > 2$ 时, λ 按实际值取用;

当 $\lambda = 1 \sim 2$ 时, $\lambda = 2 - \frac{1}{3} (5 - \frac{l_0}{h}) (2 - \frac{M}{V h_0})$;

当 $\lambda < 1$ 时, 取 $\lambda = 1$

对 $l_0 / h < 2$ 的梁, 当 $\lambda < 1$ 时, 取 $\lambda = 1$.

M 、 V —— 计算截面弯矩和剪力.

3.2.2 建议方法二:

$$V_c = 0.07 \xi_1 \xi_2 f_c b h_0 \quad (4a)$$

对集中荷载作用下的矩形截面独立梁 (包括作用有多种荷载) 且其中集中荷载的数值占支座截面总剪力值的 75% 以上的情况, 式 (4a) 改为

$$V_c = \frac{0.2}{\lambda + 1.5} \xi_1 \xi_2 f_c b h_0 \quad (4b)$$

式中: ξ_1 —— 跨高比影响系数

$$\xi_1 = 2.183 - 0.237 l_0 / h$$

ξ_2 —— 有效高度影响系数

$$\xi_2 = \frac{h}{h_0} - \frac{1}{3} (\frac{h}{h_0} - 1) (l_0 / h - 2)$$

λ —— 剪跨比. 当 $\lambda > 3$ 时, 取 $\lambda = 3$; 当 $\lambda < 1.4$ 时, 取 $\lambda = 1.4$.

以上各式中 l_0 / h , 当 $l_0 / h > 5$ 时, 取 $l_0 / h = 5$, 当 $l_0 / h < 2$ 时, 取 $l_0 / h = 2$.

3.3 V_s 的计算

根据前述的基本要求, 假定短梁 V_s 中 V_{sh} 和 V_{sv} 所分担的份额线性变化如图 5. 它只与 l_0 / h 有关. 在 $l_0 / h = 2$ 处, V_{sh} 达到最大值 V_{sh1} , $V_{sv1} = 0$ 在 $l_0 / h = 5$ 处, $V_{sh2} = 0$, V_{sv} 达到最大值 V_{sv2} .

3.3.1 关于 V_{sh1} .

根据规范[1], 取深梁纵筋和水平腹筋的抗剪强度为 V_{sh1} :

$$\begin{aligned} V_{sh1} &= 0.12 \times 22(\rho + \rho_{sh}) f_c b h \\ &= 2.64(\rho + \rho_{sh}) f_c b h \\ &\leq 0.03 f_c b h \end{aligned}$$

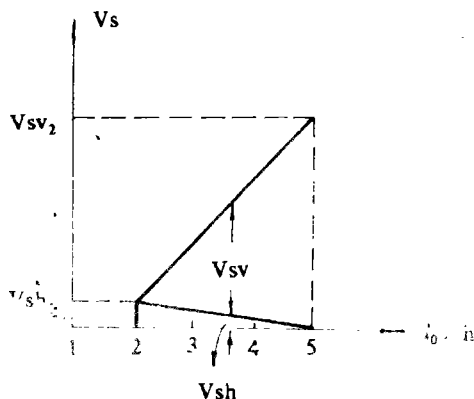


图 5 V_{sv} 、 V_{sh} 与 l_0 / h 的关系

根据分析, 深梁中纵筋配筋率很小, 一般在 0.2~0.5% 之间, 为了和浅梁抗剪强度计

算取一致,计算抗剪强度时,偏安全地不计纵筋的作用,取 $\rho = 0$, V_s 全由水平腹筋 ρ_{sh} 提供。同时近似取 $h = 1.1h_0$, 则式(5)为 $V_{sh1} = 2.9\rho_{sh}f_c b h_0$ 。作适当变换,上式为

$$V_{sh1} = (2.9 \frac{f_c}{f_y}) \frac{A_{sh}}{S_v} f_y h_0$$

对常用钢筋和混凝土,并考虑纵筋和垂直腹筋的有利作用,取

$$V_{sh1} = 0.25 \frac{A_{sh}}{S_h} f_y h_0$$

3.3.2 关于 V_{sv2}

规范[1]对抗剪强度的两种计算情况(参看式(4a)和式(4b)的使用条件),浅梁的

$V_s = (1.5 \text{ 或 } 1.25) \frac{A_{sv}}{S_h} f_y h_0$, 此式应为建议方法二的 V_{sv2} 。对建议方法一,考虑到 V_c 已随短梁跨高比或剪跨比的减小而提高,还兼顾到取与偏心受力构件的抗剪强度计算相一致,和提高抗剪设计的可靠度,建议

$$V_{sv2} = 1.25 \frac{A_{sv}}{S_h} f_y h_0 \quad (7)$$

于是 短梁的 V_s 可以按下式计算:

对建议方法一:

$$V_s = \frac{5}{12} (l_0 / h - 2) \frac{A_{sv}}{S_h} f_y h_0 + \frac{1}{12} (5 - l_0 / h) \frac{A_{sv}}{S_v} f_y h_0 \quad (8a)$$

对建议方法二:

$$V_s = \frac{1}{12} (l_0 / h - 2) \frac{A_{sv}}{S_h} f_y h_0 + \frac{1}{12} (5 - l_0 / h) \frac{A_{sv}}{S_v} f_y h_0 \quad (8b)$$

将式(3)、式(4)的 V_c 及式(7)、式(8)的 V_s 代入(1),即得短梁的抗剪强度计算公式(12)和式(13)。根据收集到的国内外兼配水平腹筋和垂直腹筋短梁试验梁 63 根的资料,将试验值与计算值对比见表 3。由表可见,建议方法的符合性均好。

表 3 建议方法的符合性参数

建议方法	均值 \bar{X}	变异系数 δ
一	1.569	0.158
二	1.704	0.157

3.4 短梁的截面限制条件

根据规范[1],深梁的最小截面条件(或最大配箍条件):

$$V \leq 0.15 f_c b h \quad (9a)$$

以 h_0 表示,可取为

$$V \leq 0.17 f_c b h \quad (9b)$$

浅梁的截面限制条件:

$$\text{当 } h_0 / b \leq 4.0 \text{ 时, } V \leq 0.25 f_c b h_0 \quad (10a)$$

$$\text{当 } h_w/b \geq 6.0 \text{ 时, } V \leq 0.2f_c b h_o \quad (10b)$$

当 $4.0 < h_w/b < 6.0$ 时, 按直线内插法取用。

对于短梁, 假定截面限制条件采用式 (9) 与式 (10) 之间线性过渡, 如图 6。当 $l_o/h = 2$ 时,

$$V_{max1} = 0.17f_c b h_o$$

$$\text{当 } l_o/h = 5 \text{ 时, } V_{max2} = 0.2f_c b h_o \text{ (或 } 0.25f_c b h_o \text{)}$$

则短梁的

$$V = V_{max1} + \frac{V_{max2} - V_{max1}}{3} (l_o/h - 2)$$

将 V_{max1} 及 V_{max2} 的各值代入,

则得短梁截面限制条件相应为

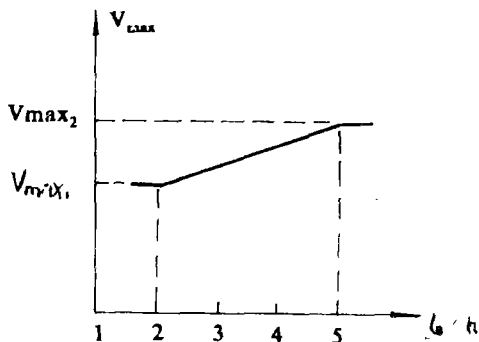
$$V = (0.116 + 0.027 \frac{l_o}{h}) f_c b h_o$$

$$\text{或 } V = (0.15 + 0.01 \frac{l_o}{h}) f_c b h_o$$

式中 $(l_o/h - 2) = 2 \sim 5$

也可近似地统一取短梁的截面限制条件如式(9b)。

图 6 V_{max} 与 l_o/h 的关系



3.5 斜裂缝开展宽度的控制

应用建议公式验算使用荷载下各试验梁的斜裂缝宽度, 均不超过许可斜裂缝宽度 0.2mm 的要求, 说明按建议方法设计时, 斜裂缝开展宽度也同时满足规范的限制要求。

4 小结——关于有腹筋短梁抗剪强度计算方法的建议

4.1 短梁截面应符合下列要求:

$$\text{当 } h_w/b \leq 4.0 \text{ 时: } V \leq (0.116 + 0.027l_o/h) f_c b h_o \quad (11a)$$

$$\text{当 } h_w/b \geq 6.0 \text{ 时: } V \leq (0.15 + 0.01l_o/h) f_c b h_o \quad (11b)$$

当 $4.0 < h_w/b < 6.0$ 时, 按直线内插法取用。

4.2 抗剪强度计算公式

建议方法——

$$V_u = \frac{0.17}{\lambda + 0.43} f_c b h_o + \frac{5}{12} (\frac{l_o}{h} - 2) \frac{A_{sv}}{S_h} f_{yv} h_o + \frac{1}{12} (5 - \frac{l_o}{h}) \frac{A_{sh}}{S_v} f_{yh} h_o \quad (12)$$

式中 l_o/h —— 跨高比, $l_o/h > 5$ 时, 取 $l_o/h = 5$; $l_o/h < 2$ 时, 取 $l_o/h = 2$ 下同。

λ —— 剪跨比, $\lambda = M/Vh_o$ 。

对 $l_o/h > 5$ 的浅梁: 当 $\lambda > 3$ 时, 取 $\lambda = 3$; 当 $\lambda < 2$ 时, 取 $\lambda = 2$ 。

对 $l_o/h = 2 \sim 5$ 的短梁: 当 $\lambda > 2$ 时, λ 取实际值

当 $\lambda = 1 \sim 2$ 时, $\lambda = 2 - \frac{1}{3}(5 - l_o/h)(2 - \frac{M}{Vh_o})$

当 $\lambda < 1$ 时, 取 $\lambda = 1$

对 $l_o/h < 2$ 的深梁: 当 $\lambda < 1$ 时, 取 $\lambda = 1$.

建议方法二

$$V_u = 0.07\xi_1\xi_2f_cbh_o + \frac{1}{2}\left(\frac{l_o}{h} - 2\right)\frac{A_{sv}}{S_h}f_{yh_o} + \frac{1}{12}\left(5 - \frac{l_o}{h}\right)\frac{A_{sh}}{S_v}f_{yh_o} \quad (13a)$$

对集中荷载作用下的矩形截面独立梁(包括作用有多种荷载, 且其中集中荷载的数值占支座截面总剪力值的75%以上的情况), 式(13a)改为

$$V_u = \frac{0.2}{\lambda + 1.5}\xi_1\xi_2f_cbh_o + \frac{5}{12}\left(\frac{l_o}{h} - 2\right)\frac{A_{sv}}{S_h}f_{yh_o} + \frac{1}{12}\left(5 - \frac{l_o}{h}\right)\frac{A_{sh}}{S_v}f_{yh_o} \quad (13b)$$

式中 λ — — 剪跨比, 当 $\lambda > 3$ 时, 取 $\lambda = 3$; 当 $\lambda < 1.4$ 时, 取 $\lambda = 1.4$.

ξ_1 — — 跨高比影响系数 $\xi_1 = 2.183 - 0.237l_o/h$

ξ_2 — — 有效高度影响系数 $\xi_2 = \frac{h}{h_o} - \frac{1}{3}\left(\frac{h}{h_o} - 1\right)\left(\frac{l_o}{h} - 2\right)$

可见, 建议计算方法实际上是适用于深梁、浅梁和短梁抗剪强度的统一计算方法。

参 考 文 献

- (1) 中华人民共和国国家标准. 混凝土结构设计规范(GBJ10-89).
- (2) 丁自强, 赵广田. 钢筋混凝土无腹筋短梁抗剪强度的试验研究. 郑州工学院水利及环境工程系. 1990年4月.
- (3) 郑州工学院水利系结构室. 有腹筋钢筋混凝土短梁抗剪性能试验研究报告. 1989年7月.
- (4) H. Nilson, George W. W. Design of Concrete Structures. McGraw-Hill Book Company, 1986.

Experimental Research of Reinforced Concrete Short Beams with web Reinforcement in shear Strength

Li pingxian Ding Ziqiang Zhao Guangtian

(Zhengzhou Insitute of Technology)

Abstract: Based on shear tests of 24 reinforced concrete short beams with web reinforcement, this thesis analyzes the effect of vertical and horiaontal web reinforcement, shear span ratio and span-depth ratio. Failure mode and mechanism of test specimens are described. The formnlas for calculating reinforced concrete shear strength with web reinforcement are put forward.

The formulas showed that there are a good agreement between calculation and experimental results.

Keywords: reinforced concrete, short beams, shear steength