

混 凝 土

[提 要] 三分
结 构 规范
公 司 简
表 可 行
[关 键 词]

【 摘 要 】
n;
Be
iv
s
s
ca
al
K

一、
受

纵筋
寸、荷
为止，构
面承载力
混凝土构件
，提出了许
《混凝土结
（称“规范”）
弯、抗剪问
料、开展

当
不
说
待

试
构件
单向
面，然
双向受
双向受

$$V_{cs} = \frac{1.6}{\lambda_{eq}}$$

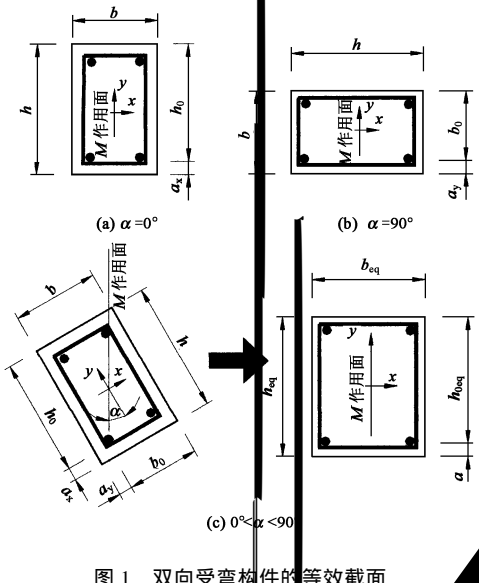


图1 双向受弯构件的等效截面

等效剪跨比 $\lambda_{eq} < 1.5$ 时, 取 $\lambda_{eq} = 1.5$, 当 $\lambda_{eq} > 3$ 。截面高度影响系数 $\eta_h = (800/h_{0eq})^{0.5}$, 当 $h_{0eq} < 800\text{mm}$ 时, 取 $h_{0eq} = 800\text{mm}$; 当 $h_{0eq} > 2000\text{mm}$ 时, 取 $h_{0eq} = 2000\text{mm}$ 。

(1) 无腹筋双向受弯构件
均布荷载作用

$$V \leq V_c = 0.7 \eta_h f_t b_{eq} h_{0eq}$$

集中荷载作用

$$V \leq V_c = \frac{1.75}{\lambda_{eq} + 1} \eta_h f_t b_{eq} h_{0eq} \quad (5)$$

(2) 有腹筋双向受弯构件
均布荷载作用

$$V \leq V_{cs} = 0.7 f_t b_{eq} h_{0eq} + 1.25 f_{yv} \frac{A_{sv}}{s} h_{0eq} \quad (6)$$

集中荷载作用

$$V \leq V_{cs} = \frac{1.75}{\lambda_{eq} + 1} f_t b_{eq} h_{0eq} + 1.4 f_{yv} \frac{A_{sv}}{s} h_{0eq} \quad (7)$$

2. 回归公式方法

为了与现行规范相适应, 采用规范方法公式的形式, 根据文[2]~[6]的试验数据和最小二乘法原理, 确定公式的待定参数。

(1) 无腹筋双向受弯构件
均布荷载作用

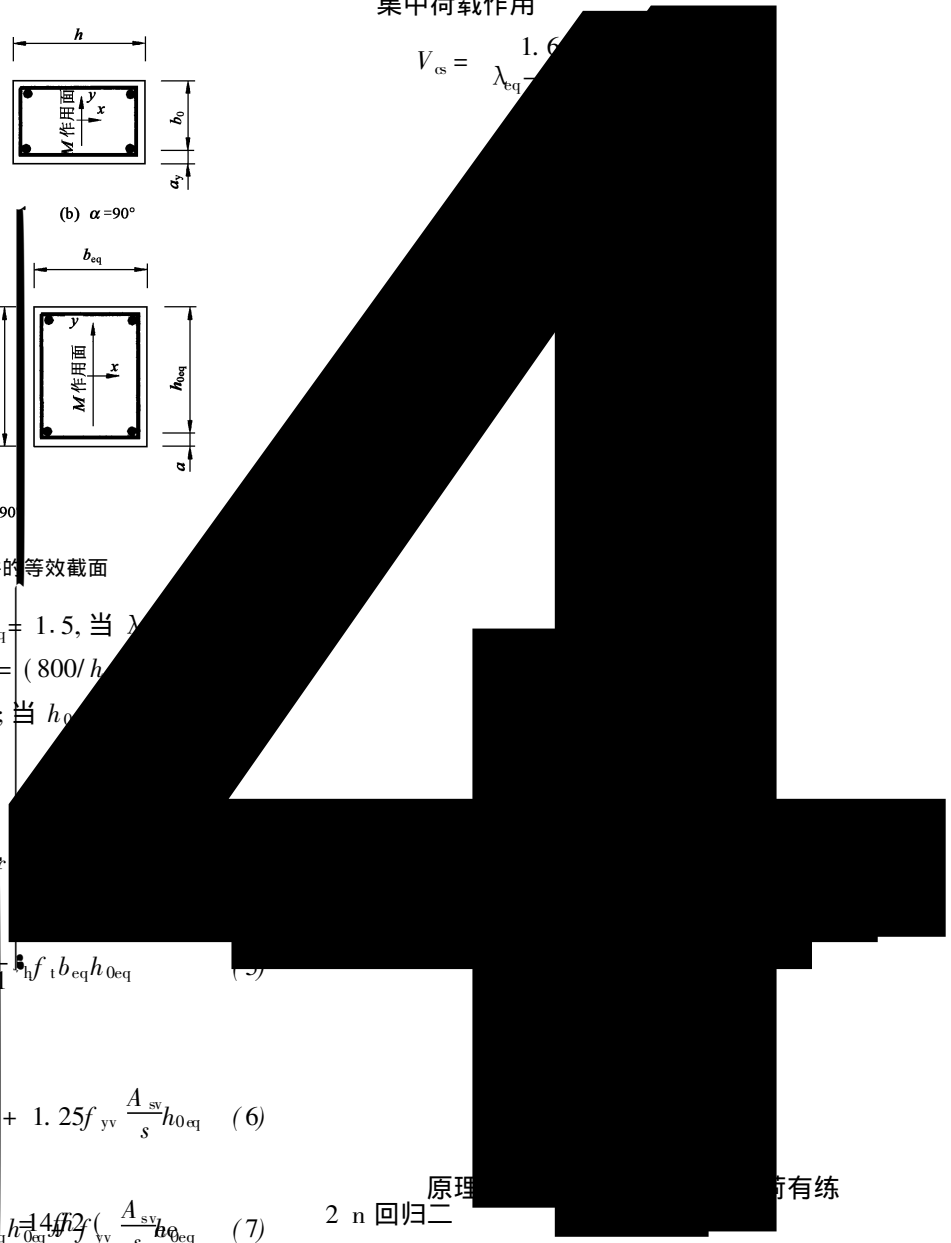
$$V_c = 1.24 \eta_h f_t b_{eq} h_{0eq} \quad (8)$$

集中荷载作用

$$V_c = \frac{0.83}{\lambda_{eq} - 1.01} \eta_h f_t b_{eq} h_{0eq} \quad (9)$$

(2) 有腹筋双向受弯构件
均布荷载作用

$$V_{cs} = 1.36 f_t b_{eq} h_{0eq} + 0.14 f_{yv} \frac{A_{sv}}{s} h_{0eq} \quad (10)$$



原理 回归二 有练

均布荷载作用下的无腹筋双向受弯梁^[3]

表 1

梁号	b (mm)	h (mm)	b _{eq} (mm)	h _{0eq} (mm)	斜弯角 α(°)	f _{cu} (MPa)	f _t (MPa)	实测 V _t (kN)	规范公式法		回归公式法	
									V _c (kN)	V _t /V _c	V _c (kN)	V _t /V _c
L1	150	224	156.58	195.68	8.0	18.8	1.75	67.585	37.432	1.806	66.438	1.017
L2	146	150	146.36	134.68	8.0	33.1	2.38	64.574	32.870	1.965	58.340	1.107
L3	150	301	163.42	258.82	8.0	45.6	2.84	135.858	84.124	1.615	149.311	0.910
L4	141	150	142.40	133.74	14.0	20.1	1.81	81.756	24.138	3.387	42.843	1.908
L5	150	300	173.33	249.00	14.0	33.1	2.38	71.733	71.972	0.997	127.744	0.562
L6	152	222	162.89	190.00	14.0	40.8	2.67	86.727	57.901	1.498	102.769	0.844
L7	154	297	196.26	229.26	26.6	20.1	1.81	109.476	57.031	1.920	101.224	1.082
L8	154	225	174.98	183.61	26.6	33.1	2.38	94.188	53.578	1.758	95.096	0.990
L9	145	150	146.48	133.67	26.6	45.6	2.84	61.227	38.942	1.572	69.118	0.886
L10	144	229	157.22	194.20	14.0	40.8	2.67	76.110	57.122	1.332	101.386	0.751
L11	150	225	161.67	192.00	14.0	40.8	2.67	87.511	58.071	1.507	103.071	0.849
L12	152	223	158.31	195.02	8.0	18.8	1.75	38.413	37.719	1.018	66.947	0.574
L13	153	226	159.49	197.56	8.0	20.1	1.81	107.810	39.936	2.700	70.883	1.521

均布荷载作用下的有腹筋双向受弯梁^[5]

表 2

梁号	b (mm)	h (mm)	b _{eq} (mm)	h _{0eq} (mm)	斜弯角 α(°)	f _{cu} (MPa)	f _t (MPa)	箍筋		实测 V _t (kN)	规范公式法		回归公式法	
								配筋	f _y (MPa)		V _{cs} (kN)	V _t /V _{cs}	V _{cs} (kN)	V _t /V _{cs}
L1	145	201	149.98	176.42	8	35.31	2.47	Φ6.5@130	268	67.585	75.906	0.890	91.982	0.735
L2	148	197	152.36	173.38	8	30.52	2.28	Φ6.5@150	268	64.574	67.838	0.952	84.505	0.764
L3	148	202	152.80	177.48	8	27.43	2.15	Φ6.5@170	268	135.858	64.005	2.123	81.611	1.665
L4	148	200	156.09	172.72	14	27.43	2.15	Φ6.5@150	268	81.756	66.156	1.236	81.431	1.004
L5	149	198	156.62	171.34	14	35.31	2.47	Φ6.5@170	268	71.733	68.789	1.043	92.318	0.777
L6	151	201	158.78	173.90	14	30.52	2.28	Φ6.5@130	268	86.727	73.790	1.175	88.673	0.978
L7	150	201	164.73	167.64	26	30.52	2.28	Φ6.5@170	268	109.476	65.976	1.659	87.758	1.247
L8	146	199	161.31	165.32	26	27.43	2.15	Φ6.5@130	268	94.188	68.392	1.377	80.901	1.164
L9	145	200	160.89	165.70	26	35.31	2.47	Φ6.5@150	268	61.227	70.637	0.867	91.984	0.666

集中荷载作用下的有腹筋双向受弯梁(L1~L12^[2]; L13~L25^[6])

表 3

梁号	b (mm)	h (mm)	b _{eq} (mm)	h _{0eq} (mm)	斜弯角 α(°)	f _{cu} (MPa)	f _t (MPa)	剪跨 a (mm)	箍筋		实测 V _t (kN)	规范公式法		回归公式法	
									配筋	f _y (MPa)		V _{cs} (kN)	V _t /V _{cs}	V _{cs} (kN)	V _t /V _{cs}
L1	162	259	177.09	219.52	14	19	1.76	260	Φ6.5@150	300	115.3	76.747	1.502	136.173	0.847
L2	145	355	177.67	290.10	14	19	1.76	710	Φ6.5@150	300	84.0	84.223	0.997	113.189	0.742
L3	150	256	180.62	202.84	26	34.4	2.43	310	Φ6.5@130	300	127.5	92.599	1.377	167.271	0.762
L4	150	355	181.89	290.80	14	34.4	2.43	750	Φ6.5@130	300	111.5	107.220	1.040	144.256	0.773
L5	160	352	189.87	289.92	14	34.4	2.43	430	Φ6.5@130	300	152.5	137.916	1.106	254.551	0.599
L6	151	252	166.71	212.66	14	19	1.76	510	Φ6.5@150	300	77.5	60.122	1.289	80.887	0.958
L7	155	245	181.00	197.10	26	19	1.76	260	Φ6.5@150	300	97.0	69.856	1.389	124.391	0.780
L8	155	257	184.47	204.78	26	34.4	2.43	310	Φ6.5@150	300	128.0	91.019	1.406	169.546	0.755
L9	152	202	166.44	168.80	26	19	1.76	230	Φ6.5@150	300	86.0	56.807	1.514	99.755	0.862
L10	145	202	161.47	166.98	26	19	1.76	230	Φ6.5@150	300	107.5	55.173	1.948	96.388	1.115
L11	150	251	158.98	217.82	8	34.4	2.43	510	Φ6.5@130	300	103.5	77.306	1.339	106.823	0.969
L12	152	252	160.89	218.80	8	34.4	2.43	260	Φ6.5@130	300	143.0	93.284	1.533	167.873	0.852
L13	152	299	174.87	248.52	14	36.1	2.50	600	Φ6.5@170	300	146.1	84.602	1.727	120.343	1.214
L14	153	300	175.87	249.42	14	37.6	2.56	550	Φ6.5@170	300	118.1	90.249	1.309	134.601	0.877
L15	154	303	177.18	251.84	14	35.7	2.48	1000	Φ6.5@170	300	114.4	77.812	1.470	101.224	1.130
L16	151	305	174.96	252.94	14	36.4	2.51	1200	Φ6.5@170	300	114.1	78.057	1.462	101.526	1.124
L17	152	302	175.33	250.80	14	33.5	2.40	1400	Φ6.5@170	300	103.5	75.345	1.374	97.625	1.060
L18	153	301	166.32	258.91	8	36.7	2.52	800	Φ6.5@170	300	135.9	77.659	1.750	100.600	1.351
L19	152	297	194.86	228.73	26	35.5	2.48	800	Φ6.5@170	300	112.1	74.915	1.496	98.229	1.141
L20	152	301	175.18	250.04	14	36.1	2.50	600	Φ6.5@170	300	125.3	85.461	1.466	121.934	1.028
L21	151	301	174.33	249.90	14	35.5	2.48	800	Φ6.5@170	300	123.8	76.294	1.623	99.083	1.249
L22	151	302	174.49	250.66	14	36.8	2.53	1000	Φ6.5@220	300	104.0	70.879	1.467	94.215	1.104
L23	150	304	173.96	252.04	14	35.3	2.47	1000	Φ6.5@200	300	113.0	72.293	1.563	95.156	1.188
L24	153	303	176.33	251.70	14	34.4	2.43	1000	Φ6.5@150	300	122.1	80.472	1.517	103.290	1.182
L25	150	298	173.02	247.48	14	34.6	2.44	1000	Φ6.5@130	300	123.7	83.422	1.483	105.506	1.172

梁号	b (mm)	h (mm)	b _{eq} (mm)	h _{0eq} (mm)	斜弯角 α(°)	f _{cu} (MPa)	f _t (MPa)	剪跨 a (mm)	实测 V _t (kN)	规范公式法		回归公式法	
										V _c (kN)	V _t /V _c	V _c (kN)	V _t /V _c
L1	147	228	159.85	193.90	14	17.0	1.65	410	30.850	28.760	1.073	38.422	0.803
L2	155	232	166.93	197.79	14	17.0	1.65	410	37.850	31.050	1.219	42.533	0.890
L3	153	228	164.75	194.71	14	20.1	1.81	410	40.000	32.730	1.222	43.954	0.910
L4	150	149	149.38	134.03	26	14.7	1.52	250	27.500	18.641	1.475	29.601	0.929
L5	147	148	147.46	133.06	26	30.0	2.26	250	42.900	26.916	1.594	42.272	1.015
L6	151	150	150.80	135.45	26	40.0	2.64	250	47.500	33.208	1.430	53.606	0.886
L8	155	229	166.26	195.70	14	20.1	1.81	570	34.650	26.350	1.315	25.652	1.351
L9	151	227	162.82	193.66	14	20.1	1.81	220	94.500	39.966	2.365	96.824	0.976
L11	148	299	160.97	256.98	8	14.7	1.52	760	30.250	27.885	1.085	26.825	1.128
L12	148	300	161.16	257.89	8	14.7	1.52	550	40.350	35.392	1.140	46.786	0.862
L13	151	299	163.83	257.56	8	14.7	1.52	300	94.000	45.026	2.088	109.082	0.862
L14	158	227	177.65	186.26	26	30.0	2.26	410	39.750	40.821	0.974	51.964	0.765
L15	154	235	166.63	200.31	14	30.0	2.26	410	46.850	43.267	1.083	60.244	0.778
L16	156	226	162.25	198.05	8	30.0	2.26	410	52.650	41.334	1.274	56.713	0.928
L17	156	238	156.00	214.47	0	30.0	2.26	410	67.850	45.382	1.495	69.456	0.977
L18	146	150	146.40	134.55	14	30.0	2.26	250	42.600	27.220	1.565	43.485	0.980
L19	148	146	148.03	131.82	8	30.0	2.26	250	52.400	26.607	1.969	41.206	1.272
L20	151	150	151.01	135.17	8	14.7	1.52	320	25.650	16.171	1.586	19.000	1.350
L21	148	299	161.08	257.15	8	14.7	1.52	680	41.050	30.321	1.354	32.013	1.282
L22	146	366	165.95	312.08	8	14.7	1.52	850	40.350	37.102	1.088	38.171	1.057

试验实测值与两种方法计算值之比的统计表 表 5

受力与配筋类型	数据来源/试件数	规范公式法				回归公式法			
		平均值	最大值	最小值	均方差	平均值	最大值	最小值	均方差
无腹筋均布荷载	文[3]/13	1.775	3.387	0.997	0.626	1.000	1.908	0.562	0.353
无腹筋集中荷载	文[4]/20	1.420	2.365	0.974	0.359	1.000	1.351	0.765	0.180
有腹筋均布荷载	文[5]/9	1.258	2.123	0.867	0.388	1.000	1.665	0.666	0.301
有腹筋集中荷载	文[2],[6]/25	1.446	1.948	0.997	0.205	0.993	1.351	0.599	0.193

形式来分析:

$$\left(V_x / V_{ux} \right)^m + \left(V_y / V_{uy} \right)^n = 1 \quad (12)$$

若指数 $m = n = 2$, 则正好为圆。根据表 1~ 4 的试验资料, 可得 V_x / V_{ux} 和 V_y / V_{uy} 的关系如图 2 所示。其中, V_x, V_y 分别为实测值 V_t 在 x 轴和 y 轴方向受剪的分量, $V_x = V_t \cos \alpha, V_y = V_t \sin \alpha$ 。 V_{ux}, V_{uy} 分别为按现行规范计算的构件在 x, y 轴方向的受剪承载力。

对于均布荷载作用的有腹筋受弯构件

$$\begin{cases} V_{ux} = 0.7f_t b h_0 + 1.25f_{yv} \frac{A_{svx}}{s} h_0 \\ V_{uy} = 0.7f_t h b_0 + 1.25f_{yv} \frac{A_{svy}}{s} b_0 \end{cases} \quad (13)$$

对于集中荷载作用的有腹筋受弯构件:

$$\begin{cases} V_{ux} = \frac{1.75}{\lambda_x + 1} f_t b h_0 + f_{yv} \frac{A_{svx}}{s} h_0 \\ V_{uy} = \frac{1.75}{\lambda_y + 1} f_t h b_0 + f_{yv} \frac{A_{svy}}{s} b_0 \end{cases} \quad (14)$$

对于无腹筋构件, 则取式(13)和(14)中的箍筋项为零, 混凝土项乘以系数 β_h 。

图 2 V_x / V_{ux} 和 V_y / V_{uy} 的关系

从图中可以看出, 在全部 67 个试件中, 只有 3 个有腹筋梁在均布荷载作用下的数据落在圆弧之内。假如对式(12)中的 V_{ux}, V_{uy} 都做相应的试验, 并取实测值, 则必将有更多的数据落在圆弧之内, 直接用于工程将使得构件的可靠度偏低。因此式(12)中的指数是否可取 $m = n = 2$ 还有待进一步探讨, 初步分析表明, 它与构件的配筋率等许多因素有关。

六、结语

(1) 采用等效截面, 将双向受弯构件的斜截面受剪承载力计算转化为单向受弯构件计算是可行的, “规范公式法”用于双向受弯构件仍属于斜截面受剪承载力偏小值的计算公式, 符合现行规范受剪计算公式原则。

(2) 根据试验研究分析, 双向受弯构件的斜截面承载力与纵筋配筋率等众多因素有关, 而且各因素之间的影响相互关联。而规范公式的形式未能考虑纵筋配筋率等的影响, 因此, “规范公式法”和“回归公式法”的

(下转第 64 页)

物... 时湍动... 上海... II50...
内... 算... RNC...
雷... 型分... 7小...
综... 三一... ,如果...
筑... 均... 采用R...
型... 较准确...
湍... 模型...
硬... 1~2G...
计... 至多1h...
模... 面平均风...
时... 模型模拟...
风... 机才行...

六、...
1) 进...
和... 同试验... 相应...
再... 直风洞方法模拟...
... 行的,尤其在初...
... 主。

(... 过该大厦风环境的...
效... 流场方...
的... 的研...
市... 模拟...
... 物...
司...
司...
中... K...

... 较大...
... 研究。

参 考

1. ... 件抗剪强度...
2. ... 无...
3. ... 弯梁...
4. ... 弯构件...
5. ... 双向受弯... 梁抗...
6. ... 98...
7. ... 虞锦晖... 钢筋混凝土双向受弯...
8. ... 学报(工程...), 1993, 15(3), (4)...
9. ... 高勳... 钢筋混凝土双向受弯...
10. ... 南昌... 学报(工程技术版), 1995, 17...
11. ... 何... 虞锦晖. 混凝土双向受弯构件的抗...
12. ... 增... 1996...
13. ... 响... 高勳, 虞锦晖. 钢筋混凝土双向受弯筒支梁抗...

14. ...
15. ...
16. ... reinforced concrete members...
17. ... combined biaxial bending and t...
18. ... University, 2000, 6(1): 36-40...
19. ... chao, Chen Yunxia. Experimental and theo...
20. ... rring capacity of cross-section of R. C. members...
21. ... cross section subject to combined biaxial bending and t...
22. ... Engineering Mechanics, 1995: 512-518...
23. ... Thirugnasuntharan A, et al. Flexural behavior of exte...
24. ... prestressed beams with large eccentricities. Trans. Jpn. Concr...
25. ... Inst., 1998, 20: 165-170...
26. ... Soroushian P. Analysis of dowel bars acting against concrete cover...
27. ... ACI Journal, 1986, (4)...
28. ... Belarbi A. Stirrup stress in reinforced concrete beams. ACI Journal...
29. ... 1990, 4...
30. ... 张开敬. 混凝土筒支梁斜截面抗剪强度统一表达式的研究. 西南...
31. ... 交通大学学报, 2000, 35(1).