

中國建築學會
學術論文集

第四集
結構部份

中國建築學會編

城市建設出版社

中国建筑学会学术论文集

第四集

(結構部分)

中国建筑学会編

※

城市建設出版社出版

(北京阜外大街)

北京市書刊出版業營業許可証出字第088号

国家統計局印刷厂印刷 新华書店总經售

※

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{18}$ · $8 \frac{5}{16}$ 印張 · 56千字

1957年12月 第 1 版

1957年12月第1次印刷

※

印数: 1—1710册 定价: (10) 2.00元

前 言

1957年2月，中國建筑学会在召开第二屆全國會員代表大會期間，舉行了第一次採取宣讀論文形式的全國性學朮活動。會上共提出論文四十余篇，由於時間關係，只宣讀了其中的十余篇，沒有來得及討論，會上代表們要求把這些論文集編出版，以供各地建築工作者的閱讀、研究和討論。會後，學會的學朮委員會組織了審查工作，又補充了一些當時未及在會上提交的論文，刪去几篇已在“建築學報”上發表過的論文，按學科分類，編成論文集，分為6冊，由城市建設出版社出版。

這次代表大會上的論文宣讀，由於是第一次舉辦，沒有經驗，事先準備工作較差，各地提出論文時間匆促，所以廣泛性還是很不夠的。但是各地會員對這件事十分重視，認真對待，大都先將論文提到分會，并由分會推薦，而宣讀時大家都踴躍參加，足以說明廣大的建築工作者對於科學研究工作和實際工作中的總結經驗都很關心與熱情。我們相信，隨着建設事業實踐和建築科學研究工作的日益開展，隨着學朮活動工作經驗的逐漸豐富，今後學朮論文的提出，無論在質和量方面，都會日益提高和增長。這次論文集的出版，標誌着一個良好的開端，也多少反映出了1956年我國建築科學所達到的水平，如果對於今後建築科學上的“百花齊放、百家爭鳴”能起一個推動作用，這就是很有意義的事了。

中國建築學會

1957年7月

目 录

一、論鋼筋混凝土柱体实用簡捷的計算方法	(1)
(一) 中心受压柱体的計算, 建議采用	
“按計算承载力比例分配和組合”的方法	(1)
(二) 偏心受压矩形柱体的計算, 建議采用按鋼筋率的系数解法	(9)
二、工業建筑鋼筋混凝土薄壁壳体屋頂結構的	
構造及施工	(23)
(一) 單層工業建筑鋼筋混凝土薄壳屋頂的結構構造	(31)
(二) 鋼筋混凝土薄壳屋頂結構的施工	(65)
三、鋼筋混凝土梁的强度、撓度和裂縫的	
相互关系和統一的計算方法	(99)
(一) 建議的新的計算方法	(100)
(二) 試驗实例的比較	(104)
(三) 極限状态計算法的比較	(107)
(四) 其他計算方法的比較	(108)
(五) 几个發生裂縫的試驗实例	(111)
(六) 結束語	(113)
四、鋼筋混凝土管作成建筑結構及其他構筑物	(115)
(一) 受压管型杆件的計算	(115)
(二) 管型鋼筋混凝土柱	(116)
(三) 屋架	(118)
(四) 大跨度拱形屋架	(120)
(五) 屋架桁梁和吊車梁	(121)
(六) 多層建筑	(121)
(七) 鋼筋混凝土管可能作成的構筑物	(122)

論鋼筋混凝土柱体实用簡捷的計算法

陈 兆 鏞

一、中心受压柱体的計算，建議采用“按計算承載力比例分配和組合”的方法

(一) 一般常用的計算法存在的缺点和采用“按計算承載力比例分配和組合”方法的的目的性

中心受压柱截面的选择，一般不外有兩種途徑，一种是先行选定合理的鋼筋率 μ 以后，引入計算公式中求得柱截面尺寸和鋼筋量；一种是先由經驗选定柱截面的尺寸，从而求出相应的鋼筋量。这两种步驟，虽然都能同样达到柱截面选择的目，但它們都存在着一定的缺点。因为前者，从先行选定鋼筋率出發，往往計算所得截面的尺寸，未必是5公分的进位，难免由于要重行調整截面（此时以調整后截面的 F_0 为已知值求 F_a ）和复算一遍而費时。

至于后者的缺点在于，先行选定柱截面尺寸，对于經驗不足的设计人員，有入手困难之感。同时，由于所选定柱截面的尺寸，也未必即能順利地达到要求，即当复核 μ 值时，恰能在合理和經濟的范围；因此同样也不免要进行調整和复算的工作。

要想在实际計算工作中，免除上述調整和复算的手續，而能一次順利而簡便地达到中心受压柱体选择合适的截面，作者建議采用下述的“按計算承載力比例分配和組合”的方法，并利用表1~5进行，則可达到此效果。

按計算承載力比例分配和組合，是意味着：根据所选用的 μ 值，对混凝土的計算承載力先行得到合理的分配，所得剩余的承載力則由鋼筋支持，并使所得的鋼筋率，能在指定的范围，而截面尺寸为5公分的进位，勿需再行調整复算的工作。

(二) “按計算承載力比例分配和組合”的原理及实用計算表

1. 应用于縱鋼筋和普通鋼箍結構的柱体

从中心受压縱鋼筋和普通鋼箍結構柱体計算的基本公式中，將工作条件系数除以計算縱向力 N 之后乃得：

$$\frac{N}{m} \leq R_{np} F_0 + m_a R_s F_a \dots\dots\dots (1)$$

我們可以設想柱体实际的承載力，系由混凝土和鋼筋二者截面的計算承載力所决定并相互組合而成。今以

由混凝土截面支持的計算承载力: $N_0 = R_0 F_0$ (2)

由縱鋼筋截面支持的計算承载力: $N_a = m_a R_a F_a$ (3)

由工作条件系数折除后的計算縱向力: $\bar{N} = \frac{N}{m} \leq N_0 + N_a$ (4)

考虑分配于混凝土截面的計算承载力的分配率: $\alpha = \frac{N_0}{\bar{N}}$ (5)

根据以上各式的关系, 得分配率

$$\alpha = \frac{N_0}{\bar{N}} = \frac{R_{np} F_0}{R_{np} F_0 + m_a R_a F_a} = \frac{R_{np} F_0}{R_{np} F_0 + m_a R_a \mu F_0} = \frac{R_{np}}{R_{np} + m_a \mu R_a} \dots (6)$$

因此, α 值可按所选用的 μ 及混凝土和鋼筋的标号于表 1 取值, 并从表中分配率变动情况的分析, 可以得出如下的結論:

鋼号的变动对分配率的影响, 較之混凝土标号变动的影响为小。因此在受压構件中, 若为提高柱体承载力, 采用提高鋼号的办法, 不如采用提高混凝土标号或增大柱截面的办法来得有利而經濟。

当 α 值按 μ 选定之后, 即可計算 $N_0 = \alpha \bar{N}$ 值, 并于表 2 中查得其接近值及其相应的柱截面尺寸。此时由于混凝土的截面尺寸和 N_0 值業已固定, 則剩余的計算承载力当由縱鋼筋来負担, 亦即:

$$N_a = \bar{N} - N_0 \dots \dots \dots (7)$$

由上式 (7) 所得的 N_a 值, 再于表 3 中查得其接近值及其相应的鋼筋截面、直径和根数。同时要求表中查得的 $N_a \geq$ 由 (7) 式計算的 N_a 值, 以符合 (4) 式的要求。

如欲进一步驗算 μ 值时, 可由表 3 及表 2 中所得的 F_a 及 F_0 值进行对比求出。

混凝土截面的計算承载力的分配率 α 值

($m_a = 1$)

表 1

μ	$R_a = 1700$				2100				2400			
	$R=100$	150	200	300	100	150	200	300	100	150	200	300
0.006	0.81	0.86	0.89	0.93	0.78	0.84	0.86	0.91	0.75	0.82	0.85	0.90
0.008	0.76	0.83	0.85	0.90	0.72	0.79	0.83	0.89	0.70	0.77	0.81	0.87
0.010	0.72	0.79	0.83	0.88	0.68	0.76	0.79	0.86	0.65	0.73	0.77	0.84
0.012	0.68	0.76	0.80	0.86	0.64	0.72	0.76	0.84	0.60	0.69	0.74	0.82
0.014	0.65	0.73	0.77	0.85	0.60	0.69	0.73	0.82	0.57	0.66	0.70	0.80
0.016	0.62	0.70	0.75	0.83	0.57	0.66	0.70	0.80	0.53	0.63	0.68	0.77
0.018	0.59	0.68	0.72	0.81	0.54	0.63	0.68	0.78	0.51	0.60	0.65	0.75
0.020	0.56	0.66	0.70	0.79	0.51	0.61	0.66	0.76	0.48	0.58	0.63	0.73

混凝土截面支持的計算承載力 $N_6 = R_{np} F_6$ 值 (噸)

表 2

柱截面型	邊長或直徑 (公分)	F_6 (平方公分)	$R=100$	150	200	300	H_0 (公尺)	g (噸/公尺)
方形	$a=25$	625	27.50	40.63	50.00	81.25	3.5	0.15
	30	900	39.60	58.50	72.00	117.0	4.2	0.22
	35	1225	53.90	79.63	98.00	159.3	4.9	0.29
	40	1600	70.40	104.0	128.0	208.0	5.6	0.38
	45	2025	89.10	131.6	162.0	263.3	6.3	0.49
	50	2500	110.0	162.5	200.0	325.0	7.0	0.60
	55	3025	133.1	196.6	242.0	393.3	7.7	0.73
	60	3600	158.4	234.0	288.0	468.0	8.4	0.86
	65	4225	185.9	274.6	338.0	549.3	9.1	1.01
	70	4900	215.6	318.5	392.0	637.0	9.8	1.18
	75	5625	247.5	365.6	450.0	731.3	10.5	1.35
	80	6400	281.6	416.0	512.0	832.0	11.2	1.54
八角形	$d=25$	518	22.79	33.67	41.44	67.34	3.0	0.12
	30	746	32.82	48.49	59.63	96.98	3.6	0.18
	35	1015	44.66	65.98	81.20	132.0	4.2	0.24
	40	1325	58.30	86.13	106.0	172.3	4.8	0.32
	45	1678	73.83	109.1	134.2	218.1	5.4	0.40
	50	2071	91.12	134.6	165.7	269.2	6.0	0.50
	55	2506	110.3	162.9	200.5	325.8	6.6	0.60
	60	2982	131.2	193.8	238.6	387.7	7.2	0.72
	65	3500	154.0	227.5	280.0	455.0	7.8	0.84
	70	4059	178.6	263.8	324.7	527.7	8.4	0.97
	75	4660	205.0	302.9	372.8	605.8	9.0	1.12
	80	5302	233.3	344.6	424.2	689.3	9.6	1.27

柱截面型	边長或 直 徑 (公分)	F_0 (平 方公分)	$R=100$	150	200	300	H_0 (公 尺)	g (吨/公 尺)
圓 形	D=25	491	21.60	31.92	39.28	63.83	3.0	0.12
	30	707	31.11	45.96	56.56	91.91	3.6	0.17
	35	962	42.33	62.53	76.96	125.1	4.2	0.23
	40	1257	55.31	81.71	100.6	163.4	4.8	0.30
	45	1590	69.96	103.4	127.2	206.7	5.4	0.38
	50	1964	86.42	127.7	157.1	255.3	6.0	0.47
	55	2376	104.5	154.4	190.1	308.9	6.6	0.57
	60	2827	124.4	183.8	226.2	367.5	7.2	0.68
	65	3318	146.0	215.7	265.4	431.3	7.8	0.80
	70	3848	169.3	250.1	307.8	500.2	8.4	0.92
	75	4418	194.4	287.2	353.4	574.3	9.0	1.06
	80	5027	221.2	326.8	402.2	653.5	9.6	1.21

注: H_0 为审定縱向撓曲的計算長度界限, g 为柱体單位長度的重量

2. 应用于縱鋼筋和螺旋鋼筋結構的柱体

从有螺旋鋼筋柱体計算的基本公式中，將工作条件系数除以計算縱向力 N 之后，乃得：

$$\bar{N} = \frac{N}{m} \leq R_{np}F_{\pi} + m_a R_a F_a + 2.5 m_{ac} R_a F_c \dots\dots\dots (8)$$

如同上述，柱体的計算承載力，系由核心混凝土、縱鋼筋和螺旋鋼筋三者截面的計算承載力所決定，并相互組合而成，今以

$$\text{由核心混凝土截面支持的計算承載力： } N_0 = R_{np}F_{\pi} \dots\dots\dots (9)$$

$$\text{由縱鋼筋截面支持的計算承載力： } N_a = m_a R_a F_a \dots\dots\dots (10)$$

$$\text{由螺旋鋼筋截面支持的計算承載力： } N_c = 2.5 m_{ac} R_a F_c \dots\dots\dots (11)$$

$$\text{因得： } \bar{N} = \frac{N}{m} \leq N_0 + N_a + N_c \dots\dots\dots (12)$$

$$\text{考虑分配于核心混凝土截面的計算承載力的分配率： } \alpha_0 = \frac{N_0}{N} \dots\dots (13)$$

$$\text{考虑分配于縱鋼筋截面的計算承載力的分配率： } \alpha_a = \frac{N_a}{N} \dots\dots (14)$$

$$\text{考虑分配于螺旋筋截面的計算承載力的分配率： } \alpha_c = \frac{N_c}{N} \dots\dots (15)$$

$$\text{并以： } \frac{F_a}{F_{\pi}} = \mu_a \quad \text{則} \quad F_a = \mu_a F_{\pi}$$

$$\frac{F_c}{F_{\pi}} = \mu_c \quad F_c = \mu_c F_{\pi}$$

$$\frac{F_c}{F_a} = \omega = \frac{\mu_c}{\mu_a} \quad \mu_c = \omega \mu_a$$

以上列各式的关系代入式 (13) ~ (15) 中，而得：

$$\begin{aligned} \alpha_0 &= \frac{N_0}{N} = \frac{R_{np}F_{\pi}}{N_{np}F_{\pi} + m_a R_a F_a + 2.5 m_{ac} R_a F_c} \\ &= \frac{R_{np}F_{\pi}}{R_{np}F_{\pi} + m_a \mu_a F_{\pi} + 2.5 m_{ac} R_a \omega \mu_a F_{\pi}} \\ &= \frac{R_{np}}{R_{np} + m_a R_a \mu_a + 2.5 m_{ac} R_a \omega \mu_a} \dots\dots\dots (16) \end{aligned}$$

$$\text{同理, } \alpha_a = \frac{N_a}{\bar{N}} = \frac{m_a R_a \mu_a}{R_{np} + m_a R_a \mu_a + 2.5 m_{ac} R_a \omega \mu_a} \dots\dots\dots (17)$$

$$\alpha_c = \frac{N_c}{\bar{N}} = \frac{2.5 m_{ac} R_a \omega \mu_a}{R_{np} + m_a R_a \mu_a + 2.5 m_{ac} R_a \omega \mu_a} \dots\dots\dots (18)$$

按混凝土和钢筋不同的标号及常用的 μ_a 和 ω 的范围(按 $\omega = \frac{\mu_c}{\mu_a}$), 乃得各相应的分配率 α_c 、 α_a 及 α_c 数值, 按表4采用。

由表4查得 α_c 及 α_a 值之后, 按式(13)、(14)计算: $N_c = \alpha_c \bar{N}$, $N_a = \alpha_a \bar{N}$, 并利用表2及表3进行选定核心混凝土和纵钢筋的截面尺寸, 并确定其相应的 N_c 和 N_a 值。应当注意的是, 在利用表2时, 务必以 d_{π} 代替表中的 d 或 D 的尺寸, 因为有螺旋钢筋柱体的计算, 是以核心混凝土的截面为有效。

依照上法, 当 d_{π} 和 F_a 及其根数、直径等选定之后, 则 $N_c + N_a$ 成为定值, 由是:

$$N_c = \bar{N} - (N_c + N_a) \dots\dots\dots (19)$$

选择螺旋钢筋截面的工作, 按下列原理并利用表5进行最为简便。

以 $F_c = \frac{\pi d_{\pi}^2 f_c}{S}$ 代入(11)式得:

$$N_c = 2.5 m_{ac} R_a F_c = 2.5 m_{ac} R_a \frac{\pi d_{\pi}^2 f_c}{S} \dots\dots\dots (11a)$$

$$\text{因得: } N_c S = 2.5 \pi m_{ac} R_a f_c d_{\pi}^2 \dots\dots\dots (20)$$

根据不同的 R_a 、 f_c 及 d_{π} 值, 制订如表5的 $N_c S$ 值, 由是, 当按(19)式求出 N_c 之后, 可按下述两种方法之一选定螺旋钢筋的截面:

(1) 先行选定合适的螺距 S (按一般多用 $S = 5 \sim 8$ 公分), 并在计算出 $N_c S$ 值之后, 于表5中, 在所选定的直径 d_{π} 行下, 查出 $N_c S$ 的接近值, 随即横向读出 d_c 及 f_c 值。

(2) 先行选定合适的螺旋钢筋直径 d_c , 于表5中按在所选定的截面直径 d_{π} 行内, 与 d_c 横向交叉处得出 $N_c S$ 值, 而后按表中所得的 $N_c S$ 值计算:

$$S = \frac{N_c S}{N_c} \leq S_{\max} \dots\dots\dots (21)$$

$S_{\max}$ 不宜大于0.2的核心直径, 也不大于8公分, 已列于表中。

进行上述计算中, 同样要符合(12)式的要求, 即:

$$\bar{N} = \frac{N}{m} \leq N_c + N_a + N_c$$

如进行截面复核时, 可按下列步骤:

(1) 根据已知柱截面和纵钢筋直径、根数等条件, 利用表2~3查得 N_c 及 N_a 值;

計算螺旋鋼筋截面用的NcS值 (單位: 吨公分)

($m_{ac} = 1$)

表5

d	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	
$d\pi$	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	74	
d_c	f_c	$R_a=2100$											
6	0.283	93.35	116.7	140.0	163.4	186.7	210.0	233.4	256.7	280.1	303.4	326.7	345.4
8	0.503	165.9	207.4	248.9	290.4	331.8	373.3	414.8	456.3	497.8	539.2	580.7	613.9
9	0.636	209.8	262.2	314.7	367.1	419.6	472.0	524.5	576.9	629.4	681.9	734.3	776.3
10	0.785	258.9	323.7	388.4	453.1	517.9	582.6	647.3	712.1	776.8	841.6	906.3	958.1
12	1.131	373.1	466.3	559.6	652.9	746.2	839.4	932.7	1026	1119	1212	1306	1380
14	1.539	507.7	634.6	761.5	888.4	1015	1142	1269	1396	1523	1650	1777	1878
16	2.011	663.4	829.2	995.0	1161	1327	1493	1658	1824	1990	2156	2322	2454
d_c	f_c	$R_a=2400$											
6	0.283	106.7	133.4	160.0	186.7	213.4	240.0	266.7	293.4	320.1	346.7	373.4	394.7
8	0.503	189.6	237.0	284.4	331.8	379.2	426.6	474.0	521.5	568.9	616.3	663.7	701.6
9	0.636	239.8	299.7	359.6	419.6	479.5	539.5	599.4	659.3	719.3	779.2	839.2	887.1
10	0.785	295.9	369.9	443.9	517.9	591.9	665.9	739.8	813.8	887.8	961.8	1036	1095
12	1.131	426.4	533.0	639.6	746.2	852.7	959.3	1066	1172	1279	1386	1492	1577
14	1.539	580.2	725.2	870.3	1015	1160	1305	1450	1595	1740	1885	2031	2147
16	2.011	758.1	947.6	1137	1327	1516	1706	1895	2085	2274	2464	2653	2805
$S_{max}(\text{公分})$		4	5	6	7	8	8	8	8	8	8	8	8

注: 如 m_a 或 R_a 非本表之值时, 可用 $\frac{m_{ac}'}{m_{ac}}$ 或 $\frac{R_a'}{R_a}$ 乘表中之值

(三) 应用示例

例1 某中心受压柱体計算縱向力 $N=176$ 吨 (包括柱自重), $l_0=4$ 公尺; 采用混凝土150号, 鋼号CT.3 ($R_a=2100$), $m=m_a=1$. 求柱截面的設計。

解:
$$\bar{N} = \frac{N}{m} = \frac{176}{1} = 176 \text{ 吨}$$

选用: $\mu=0.01$, 由表1得 $\alpha=0.76$, $N_6=0.76 \times 176=134$ 吨。

由表2, 选得方形柱截面 45×45 , $F_6=2025$ 平方公分, $N_6=131.6$ 吨。

由式(7), $N_a = \bar{N} - N_6 = 176 - 131.6 = 44.4$ 吨。

由表3, 用 $4 \phi 26$, $F_a=21.24$ 平方公分, $N_a=44.6 \approx 44.4$ 吨。

驗算:
$$\mu = \frac{21.24}{2025} = 0.0105$$

如选用圓形柱截面时, 由表2得: $d=50$ 公分, $F_6=1964$ 平方公分, $N_6=127.7$ 吨

按式(7): $N_a = \bar{N} - N_6 = 176 - 127.7 = 48.3$ 吨。

由表3, 用 $4 \Phi 16$ 及 $4 \Phi 22$, $F_a=23.25$ 平方公分, $N_a=48.83 \approx 48.3$ 吨。

驗算:
$$\mu = \frac{23.25}{1964} = 0.0119$$

例2 八角形螺旋鋼筋結構的柱体, 計算縱向力 $N=250$ 吨 (包括柱自重), 采用混凝土150号, 鋼号CT.3, 求柱截面的选择。

解: 采用 $\mu_a = \mu_c = 0.01$, $m = m_a = m_{ac} = 1$, 則
$$\bar{N} = \frac{N}{m} = 250 \text{ 吨}$$

由表4查得: $\alpha_6=0.47$, $\alpha_a=0.15$, $\alpha_c=0.38$

計算: $N_6 = \alpha_6 \times \bar{N} = 0.47 \times 250 = 117.5$ 吨

$N_a = \alpha_a \times \bar{N} = 0.15 \times 250 = 37.5$ 吨

由表2, 当 $d_n=45$, $F_n=1678$, $N_n=109.1$ 吨

由表3, 当 $4 \Phi \dots\dots\dots = 18.22$, $N_s=38.26$ 吨

$$\frac{N_s + N_a}{N_s + N_a} = 147.36 \text{ 吨}$$

按式(19), $N_c = \bar{N} - (N_6 + N_a) = 250 - 147.36 = 102.64$ 吨

选用: $S=5$ 公分, 則 $N_c S = 102.64 \times 5 = 513$ 吨公分

由表5, 在 $d_n=45$ 行下, $d_c=10$ 公厘交叉处, $N_c S = 582.6 > 513$ 吨公分

亦即:
$$N_c = \frac{582.6}{5} = 116.5 > 102.64 \text{ 吨}$$

驗算: $N_6 + N_a + N_c = 147.36 + 116.5 = 263.86 > \bar{N} = 250$ 吨。

二、偏心受压矩形柱体的計算,建議采用按鋼筋率的系数解法

(一)一般常用的計算圖表的局限性和采用本法的效果

在鋼筋混凝土構件計算中,以偏心受压構件計算較為煩雜。特別在不对称鋼筋截面選擇時,缺乏簡便方法和實用的圖表,常見者有对称鋼筋截面計算的專用圖表,其局限性在于,不能同时应用于計算不对称鋼筋的截面。作者建議采用鋼筋率的系数解法,初步可以达到以下的效果:

- 1.不論何種偏心情况,使計算方法簡便;
- 2.不論對選擇对称鋼筋截面或不对称鋼筋截面,可同时适用于一个的計算表;
- 3.按破損阶段原理計算時,同样适用。

鋼筋率的系数解法,是从予定的关系,导出与受拉及受压的鋼筋率 μ 及 μ' 直接有关的系数 $C_1 \sim C_6$,按表8采用。由这得出,在任何不同偏心情况下的 F_a 及 F_a' 值,按下列簡單的形式运算:

(1) 計算不对称鋼筋截面时:

1) 求 F_a'

$$\mu' = C_4 - C_2$$

2) 求 F_a

当 $e_0 > 0.3h_0$ 时:

① 当 F_a' 未知,系由1)求得者:

$$\mu - \mu' = C_1 - C_5$$

② 当 F_a' 已知,或由1)求得,

但 $< 0.2\%bh_0$,需要增大时:

$$\mu - \mu' = C_3 - C_5$$

此时如 $A'_0 < 2n(1-n)$ 时:

$$\mu = C_4 - C_5$$

当 $e_0 \leq 0.3h_0$ 时:

① 当 $e_0 \leq 0.3h_0 > 0.15h_0$, 及 $\mu' \leq 2\%$ 时: $\mu = \mu_{\min}$

② 当 $e_0 \leq 0.15h_0$:

$$\mu = PC_4 - C_2$$

(2) 計算对称鋼筋截面时:

1) 当 $\frac{N}{mbh_0R_H} \leq 0.55$ 时,

$$\mu = \mu' = C_4 \times C_6$$

当 $\frac{N}{mbh_0R_H} \leq \frac{2a'}{h_0}$ 时,

$$\mu = \mu' = C_4 - C_5$$

2) 当 $\frac{N}{mbh_0R_H} > 0.55$ 时,

$$\mu = \mu' = C_4 - C_2$$

按上列不同情况,当 μ 及 μ' 利用表8中系数 $C_1 \sim C_6$ 求得之后,則其相应的鋼筋截面,即可按下面簡易的公式計算,即:

$$Fa' = \mu' bh_0$$

$$Fa = \mu bh_0$$

(二) 鋼筋率的系数計算原理及計算表应用的說明

1. 不对称鋼筋截面的計算

(1) 求受压鋼筋 Fa' 相应的 μ' 值

計算受压鋼筋 Fa' ，不論何種偏心情况，均按下式进行：

$$Fa' = \frac{\frac{Ne}{m} - 0.4bh_0^2R_H}{m_a R_a (h_0 - a')} \dots\dots\dots (22)$$

今以 $\frac{a'}{h_0} = n$ ， $\frac{m_a R_a}{R_H} = \psi$ ， $\frac{Ne}{mbh_0^2 R_H} = A_0$ 。代入(22)式之后得：

$$Fa' = \frac{A_0 bh_0^2 R_H - 0.4bh_0^2 R_H}{m_a R_a (h_0 - nh_0)} = \frac{bh_0^2 R_H (A_0 - 0.4)}{m_a R_a h_0 (1 - n)}$$

其相应的鋼筋率：

$$\begin{aligned} \mu' &= \frac{Fa'}{bh_0} = \frac{bh_0^2 R_H (A_0 - 0.4)}{m_a R_a bh_0^2 (1 - n)} = \frac{A_0 - 0.4}{(1 - n) \psi} = \frac{A_0}{(1 - n) \psi} - \frac{0.4}{(1 - n) \psi} \\ &= C_4 - C_2 \dots\dots\dots (23) \end{aligned}$$

此时如所得 μ' 值 $<0.2\%$ ，則应以 $\mu' = 0.002$ 并按 F_a' 为已知条件求出 F_a 值。

(2) 求受拉鋼筋 Fa 相应的 μ 值。

1) 当 $e_0 > 0.3h_0$ ，即 $\frac{x}{h_0} \leq 0.55$ ，为第一种偏心(大偏心)：

① 当 Fa' 为未知条件，系由(1)求得时，則 Fa 可由下式求之：

$$Fa = \frac{0.55bh_0 R_H - \frac{N}{m}}{m_a R_a} + Fa' \dots\dots\dots (24)$$

今以 $\frac{e}{h_0} = n'$ ， $\frac{m_a R_a}{R_H} = \psi$ ， $A_0 = \frac{Ne}{mbh_0^2 R_H}$ 代入(24)式，得：

$$Fa = \frac{0.55bh_0 R_H}{m_a R_a} - \frac{A_0 mbh_0^2 R_H}{em_a R_a} + Fa' = \frac{0.55bh_0}{\psi} - \frac{A_0 bh_0^2}{e \psi} + Fa'$$

相应的鋼筋率：

$$\mu = \frac{Fa}{bh_0} = \frac{0.55}{\psi} - \frac{A_0 h_0}{e \psi} + \mu' = \frac{0.55}{\psi} - \frac{A_0}{n' \psi} + \mu' \dots\dots\dots (25)$$

$$\text{因此得：} \mu - \mu' = \frac{0.55}{\psi} - \frac{A_0}{n' \psi} = C_1 - C_5 \dots\dots\dots (26)$$

則: $\mu = \mu - \mu' + \mu' \dots\dots\dots (27)$

上列(27)式中, 最后一項的 μ' 值, 系由(23)式所求得者。

②当 F_a' 为已知条件, 或由(23)式求得而小于0.2%, 需要增大时:

$$\text{今以全部的外力撓矩: } \frac{Ne}{m} = A_o b h_o^2 R_H, \text{ 即 } A_o = \frac{Ne}{m b h_o^2 R_H} = \frac{Ne}{m a} \dots (28)$$

由已知受压鋼筋 F_a' 及其相等量的部分受拉鋼筋所支持的撓矩:

$M_1 = m \cdot m_a R_a F_a' (h_o - a')$, 則剩余的撓矩 M_2 应由受压混凝土及其相应的另一部分受拉鋼筋所支持, 并以 $A_o' m b h_o^2 R_H$ 代表之。

$$\text{則: } A_o' m b h_o^2 R_H = Ne - M_1 = A_o m b h_o^2 R_H - m m_a R_a F_a' (h_o - a')$$

$$\begin{aligned} \text{因得: } A_o' &= \frac{A_o m b h_o^2 R_H - m m_a R_a F_a' (h_o - a')}{m b h_o^2 R_H} = A_o - \mu' (1 - \alpha) \psi \\ &= A_o - \beta \dots\dots (29) \end{aligned}$$

公式(28)、(29)中, α 及 β 系数可利用表 6 ~ 7 查得之。

以 $\frac{x}{h_o} = V$ 代入計算 第一种偏心的基本公式中得:

$$\frac{N}{m} \leq R_H b x + m_a R_a F_a' - m_a R_a F_a = R_H b h_o V + m_a R_a a F_a' - m R_a F_a$$

$$\text{則: } F_a = \frac{V b h_o R_H - \frac{N}{m}}{m_a R_a} + F_a' \dots\dots\dots (30)$$

按 A_o 与 V 的关系为: $A_o = V (1 - 0.5V)$, 因 $\frac{x}{h_o} = V < 1$,

$$\text{故 } V = 1 - \sqrt{1 - 2A_o}$$

$$\text{同理: } A_o' = V' (1 - 0.5V') \quad \text{相应: } V' = 1 - \sqrt{1 - 2A_o'}$$

此时 F_a 的大小系由于已知 F_a' 的大小条件所决定, 故当 F_a' 为定值求 F_a 时, 应按(29)式所求得的 A_o' 及其相应的 V' 来代替(30)式中的 V , 从而計算出:

$$F_a = \frac{(1 - \sqrt{1 - 2A_o'}) b h_o R_H - \frac{N}{m}}{m_a R_a} + F_a' \dots\dots\dots (30)_a$$

相应的鋼筋率:

$$\mu = \frac{F_a}{b h_o} = \frac{(1 - \sqrt{1 - 2A_o'}) b h_o R_H}{m_a R_a b h_o} - \frac{N}{m m_a R_a b h_o} + \mu'$$

$$= \frac{1 - \sqrt{1 - 2A_o'}}{\psi'} - \frac{A_o}{n' \psi'} + \mu' \dots\dots\dots (31)$$

因得 $\mu - \mu' = \frac{1 - \sqrt{1 - 2A_o'}}{\psi'} - \frac{A_o}{n' \psi'} = C_3 - C_5 \dots\dots\dots (32)$

則 $\mu = \mu - \mu' + \mu' \dots\dots\dots (27)_a$

上式(27)_a中最后一項的 μ' 值, 系由 F_a' 为已知条件所計算得者,

此时如与 $\alpha < 2\alpha'$ 相当的弯距: $M_2 < 2 \cdot m R_H b a' (h_o - a')$

亦即: $A_o' m b h_o^2 R_H < 2 m R_H b a' (h_o - a')$

即: $A_o' < \frac{2 m R_H b a' (h_o - a')}{m b h_o^2 R_H} = \frac{2 R_H b h_o^2 n (1 - n)}{b h_o^2 R_H} = 2n(1 - n)$ 时:

$$F_a = \frac{\frac{N e}{m}}{m_a h_o (h_o - a')} - \frac{\frac{N}{m}}{m_a R a} = \frac{A_o b h_o^2 R_H}{m_a R a h_o (1 - n)} - \frac{A_o b h_o^2 R_H}{m_a R a e}$$

相应的鋼筋率:

$$\mu = \frac{F_a}{b h_o} = \frac{A_o b h_o^2 R_H}{m_a R a b h_o^2 (1 - n)} - \frac{A_o b h_o^2 R_H}{e m_a R a b h_o} = \frac{A_o}{(1 - n) \psi'} - \frac{A_o}{n' \psi'} = C_4 - C_5 \quad (33)$$

2) 当 $e_o \leq 0.3 h_o$, 亦即 $\alpha > 0.55 h_o$, 属于第二种偏心(小偏心):

① 当 $e_o \leq 0.3 h_o > 0.15 h_o$ 及 $\mu' < 2\%$ 时:

$$F_a = F_{amin} \dots\dots\dots (34)$$

即 $\mu = \mu_{min}$ (μ_{min} 值可直接由表中取值) $\dots\dots\dots (35)$

② 当 $e_o \leq 0.15 h_o$ 时:

$$F_a \geq \frac{\frac{N (h_o - e - a')}{m} - 0.4 b h_o^2 R_H}{m_a R a (h_o - a')} \dots\dots\dots (36)$$

今以 $h_o - e - a' = e'$ 及 $\frac{e'}{e} = P$ 代入上式, 得:

$$F_a \geq \frac{\frac{P N e'}{m} - 0.4 b h_o^2 R_H}{m_a R a h_o (1 - n)} = \frac{b h_o^2 R_H (P A_o - 0.4)}{m_a R a h_o (1 - n)}$$

相应的鋼筋率:

$$\begin{aligned} \mu &= \frac{F_a}{b h_o} = \frac{b h_o^2 R_H (P A_o - 0.4)}{m_a R a b h_o^2 (1 - n)} = \frac{P A_o - 0.4}{(1 - n) \psi'} = \frac{P A_o}{(1 - n) \psi'} - \frac{0.4}{(1 - n) \psi'} \\ &= P C_4 - C_2 \dots\dots\dots (37) \end{aligned}$$

2. 对称钢筋截面的计算

(1) 当 $\frac{x}{h_0} = \frac{N}{mbh_0R_H} \leq 0.55$ 时:

$$F_a = F_a' = \frac{\frac{N}{m} [e - h_0 (1 - 0.5 \frac{N}{mbh_0R_H})]}{m_a R_a (h_0 - a')} \dots \dots \dots (38)$$

相应的钢筋率:

$$\begin{aligned} \mu = \mu' &= \frac{F_a}{bh_0} = \frac{\frac{Ne}{m} - \frac{N}{m} (h_0 - 0.5 \frac{N}{mbR_H})}{m_a Rabh_0^2 (1-n)} = \frac{A_o b h_0^2 R_H}{m_a Rabh_0^2 (1-n)} \\ &- \frac{A_o b h_0^2 R_H}{em_a Rabh_0^2 (1-n)} (h_0 - 0.5 \frac{A_o b h_0^2 R_H}{ebR_H}) \\ &= \frac{A_o}{(1-n) \psi} - \frac{A_o}{(1-n) \psi e} \times (h_0 - \frac{0.5 A_o h_0^2}{e}) = \frac{A_o}{(1-n) \psi} \\ &- \frac{A_o}{n' (1-n) \psi} (\frac{n' - 0.5 A_o}{n'}) = \frac{A_o}{(1-n) \psi} (\frac{n'^2 - n' + 0.5 A_o}{n'^2}) \\ &= C_4 \times C_6 \dots \dots \dots (39) \end{aligned}$$

此时如当 $\frac{N}{mbh_0R_H} \leq \frac{2a'}{h_0}$ 时:

$$F_a = F_a' = \frac{N}{mm_a R_a} (\frac{e}{h_0 - a'} - 1) \dots \dots \dots (40)$$

相应的钢筋率:

$$\begin{aligned} \mu = \mu' &= \frac{F_a}{bh_0} = \frac{\frac{Ne}{mbh_0 m_a R_a} (h_0 - a)}{mm_a Rabh_0} \\ &= \frac{A_o mbh_0^2 R_H}{mbh_0^2 m_a R_a (1-n)} - \frac{A mbh_0^2 R_H}{mm_a Rabh_0 e} \\ &= \frac{A_o}{(1-n) \psi} - \frac{A_o}{n' \psi} = C_4 - C_5 \dots \dots \dots (41) \end{aligned}$$

(2) 当 $\frac{N}{mbh_0R_H} > 0.55$ 时:

$$F_a = F_a' = \frac{\frac{Ne}{m} - 0.4bh_0^2 R_H}{m_a R_a (h_0 - a')} \dots \dots \dots (22)$$