

前項ニ掲載セシ外壓ヲ受クル圓管  
ノ計算法ト實驗トノ比較

工學士 茂庭忠次郎

(一) 供試管ノ寸法及荷重ノ方法

嘗テ本誌第三百十五卷ニ報告セシ如ク予ノ實驗ニ供セシ鐵筋混凝土管ハ内徑一尺七寸五分全二尺及全四尺五寸ノ三種ナリシト雖モ内徑四尺五寸管ハ其構造稍々相違シ全一ノ計算法ニ據ル能ハザルヲ以テ該管ニ對スルモノハ之ヲ他日ニ讓リ本編ニ於テハ專ラ内徑一尺七寸五分及全二尺ノ兩種ニツキ其應力ヲ計算セント欲ス而シテ之等ノ管ハ皆日本尺ヲ用ヒ設計セシモノナレバ計算上其寸法ヲ時ニ改ムル方便利ナルガ故ニ一尺七寸五分ヲ二十一吋二尺ヲ二十四吋ト見做シ他ハ凡テ次記ノ如ク時ニ換算セリ

	内徑21"管	内徑24"管	備 考
<i>h</i>	2."00	2."27	管ノ厚サ
<i>b</i>	36."00	36."00	管ノ長サ
<i>a</i>	0."18	0."18	鐵筋ノ總斷面積 (No.6B.W.G.)鐵線六本
<i>s</i>	1."00	1."13	鐵筋ノ重心ヨリ應張力ヲ受クル側ノ 緣維迄ノ距離(鐵筋ヲ中央ニ挿入シ タルヲ以テ)
<i>r</i>	11."50	13."13	管ノ内半徑ニ厚サノ半分ヲ加ヘタル モノ

尙ホ實驗ニ於テハ第一圖ニ示ス如キ方法ヲ以テ荷重ヲ加ヘタルガ故ニ  $\alpha$  ノ値ハ  
略  $\frac{\pi}{8} \beta \text{ハ} \frac{\pi}{4}$  ニ該當ス

(本誌第三百十五卷鐵筋混凝土管荷重試驗成績參照)

### (二) 最大彎曲率及最大軸應力

前記  $\alpha = \frac{\pi}{8}$ ,  $\beta = \frac{\pi}{4}$  ヲ代入シ前項掲載ノ公式ニ據リ其活荷重及死荷重ニ對スル各彎曲率(Bending moment)及軸應力(axial force)ヲ求メ之ガ表圖ヲ作レバ第二圖ノ如キ結果トナル

然ルニ  $P$  ハ全荷重ノ二分ノ一  $P_0$  ハ該管總重量ノ半分ナルヲ以テ荷重ヲ充分ニ行ヒタル後ニアリテハ  $P_0$  ハ  $P$  ニ比シ其値甚ダ小ナリ故ニ此表圖ヨリ斯ノ如キ荷重ノ下ニアル圓管ノ最大彎曲率ハ常ニ管ノ底部 ( $A$ ) ニ起リ其最大軸應力ハ管ノ側部 ( $C$ ) ニ發生シ管頂 ( $E$ ) 及管底 ( $A$ ) ニ於ケル軸應力ハ零ナルヲ認メ得ベシ即チ管ノ破壊ハ全ク  $A$  ニ起ル彎曲率或ハ  $C$  ニ於ケル彎曲率及軸應力ノ和ノ何レカニ起因ス可キヲ以テ今鐵筋混凝土一切ノ重量ヲ百五十封度ト假定シ  $P_0$  ヲ求メ  $P$  ニハ各供試管ノ破壊セントキ換言スレバ管ニ始メテ罅裂ヲ現出シタリシ當時ノ實際ノ荷重ノ半分ヲ代入スレバ  $A$  ニ於ケル彎曲率  $\{-0.481Pr - 0.471P_0r\}$  及  $C$  ニ於ケル彎曲率  $\{0.328Pr + 0.192P_0r\}$  軸應力  $\{-P - \frac{1}{2}P_0\}$  ヲ求ムルヲ得ベシ

内徑	番號	配合	干燥日數	管側 ( $C$ ) ニ於ケル (時刻度)		管底 ( $A$ ) ニ於ケル (時刻度)	
				彎曲率	軸應力	彎曲率	軸應力
21"	I	1:2:1.5	178	+11060	-2913	-16707	0
"	II	1:2:4	171	+9792	-2577	-14848	0
"	III	1:2:4	170	+11905	-3137	-17946	0
"	IV	1:3	168	+10215	-2689	-15468	0
24"	I	1:3	46	+12799	-2947	-19497	0
"	II	1:2:4	183	+17141	-3955	-25864	0

### (三) 計算ニ關スル假定

鐵筋混凝土管ノ應力ハ普通一般ニ用ヒラルル如ク次記ノ假定ノ下ニ計算セルモ

ノナリ

1. 彎曲ヲ受クルモノニ於ケル荷重ハ其中立線ニ直角ノ方向ニ作用スルコト
2. 構造物ノ纖維ハ各其近接セルモノヨリ何等ノ影響ヲ受クル事ナク各自單獨ニ作用スルモノナルコト
3. 鐵筋ト混凝土トハ完全ニ癒着ヲナスモノナルコト
4. 斷面ハ荷重ノ存在セル間ト雖ドモ常ニ平面タル可キコト
5. 凝結其他ヨリ生ズル鐵筋混凝土ノ初應力ハ之ヲ無視スルコト

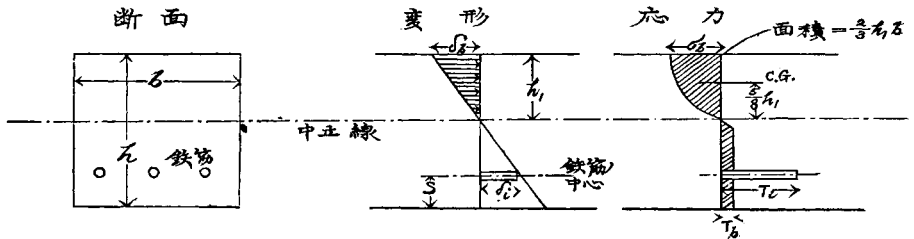
而シテ混凝土ノ彎曲應力ト變形トノ關係及抗張力ノ採否ニ關シテハ學者ノ所論未ダ一定セズ種々ノ學說アリト雖ドモ本論ノ如ク鐵筋混凝土ノ破壞應力ヲ見出サントスルモノニ在リテハ通常行ハル、如ク此ノ關係ヲ直線ナリトシ抗張力ヲ全然無視スルトキハ其結果頗ル實際ト適合セザルノ感アリ故ニ予ハ暫ク拋物線論者ノ說ニ從ヒ且ツ混凝土ノ抗張力ヲ或ル程度迄ハ信賴シ得ルモノトナシ次記ノ如キ方法ヲ以テ其應力ヲ計算スルコトナセリ

#### (四) 應力ノ計算

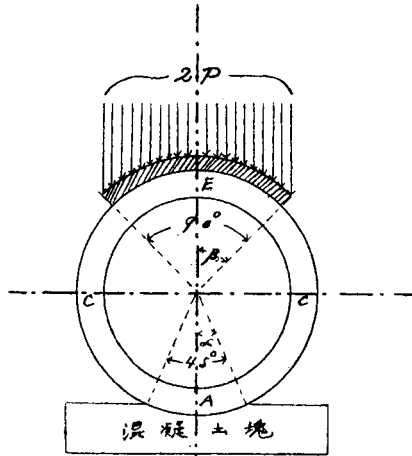
管底(A)ニ於テハ單ニ彎曲ヲ受クルノミナリト雖ドモ管側(C)ハ彎曲ト全時ニ軸應力ヲ受ク即其應力計算ハ全一ノ方法ニ據ル能ハザルガ故ニ之ヲ二項ニ區別シ各其解法ヲ攻究セント欲ス

#### (甲) 彎曲ノミヲ受クル場合

第 三 圖

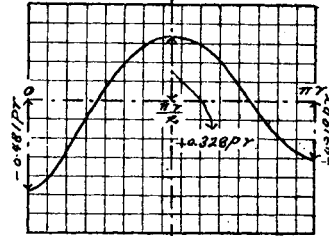


圖一第

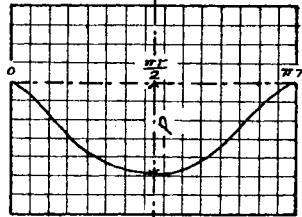


圖二第

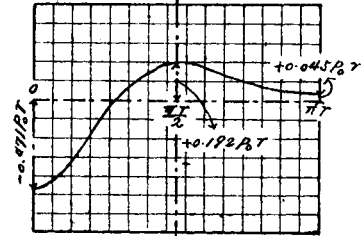
$\alpha = \frac{\pi}{8}, \theta = \frac{\pi}{8}$  時活荷重ヨリ生ズル彎曲率圖



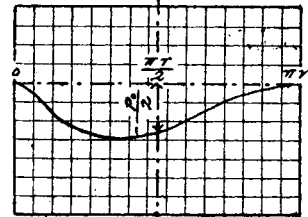
全上 軸應力圖



$\alpha = \frac{\pi}{8}$  ナル時死荷重ヨリ生ズル彎曲率圖



全上 軸應力圖



—( XI )—

- 今  $\sigma_b =$  混凝土ノ受クル最大應壓力度  
 $T_b =$  " " 平均應張力度  
 $T_i =$  鐵筋ノ受クル平均應張力度  
 $a =$  鐵筋ノ總斷面積  
 $E_b =$  混凝土ノ彈率  
 $E_i =$  鐵筋ノ彈率

トスレバ此斷面ニ起リタル應力ノ和ハ零ナラザル可ラザルガ故ニ

$$\frac{2}{3}\sigma_b b h_1 - T_b b (h - h_1) - T_i a = 0 \dots\dots\dots (1)$$

又此斷面ニ働ク總テノ力ノ中立線ニ對スル彎曲率ハ零ナルヲ以テ

$$M = \frac{5}{12}\sigma_b b h_1^2 + \frac{1}{2}T_b b (h - h_1)^2 + T_i a (h - h_1 - s) \dots\dots\dots (2)$$

然ルニ  $\frac{\delta_b}{\delta_i} = \frac{h_1}{h - h_1 - s}$      $E_b = \frac{\sigma_b}{\delta_b}$      $E_i = \frac{T_i}{\delta_i}$

故ニ  $\frac{\sigma_b}{T_i} = \frac{E_b}{E_i} \frac{\delta_b}{\delta_i} = \frac{E_b}{E_i} \frac{h_1}{h - h_1 - s}$

即チ  $T_i = \frac{\sigma_b E_i (h - h_1 - s)}{E_b h_1} \dots\dots\dots (3)$

今  $m = \frac{E_i}{E_b}$      $\delta = \frac{T_b}{\sigma_b}$  ト置キ(3)ヲ代入スレバ(1)ハ

$$\frac{2}{3}b h_1 - \delta b (h - h_1) - \frac{a m (h - h_1 - s)}{h_1} = 0$$

トナルヲ以テ此式ヨリ

$$h_1 = \frac{\delta b h - m a}{2(\frac{2}{3}\delta b + \delta b)} + \sqrt{\left\{ \frac{\delta b h - m a}{2(\frac{2}{3}\delta b + \delta b)} \right\}^2 + \frac{m a (h - s)}{\frac{2}{3}\delta b + \delta b}} \dots\dots\dots (4)$$

即チ中立線ノ位置ヲ定ムルヲ得タリ故ニ(2)及(3)ヨリ

$$\sigma_b = \frac{M}{\frac{5}{12} b h_1^3 + \frac{1}{2} \delta b (h - h_1)^2 + \frac{m a (h - h_1 - s)^2}{h_1}}$$

$$T_b = \delta \sigma_b$$

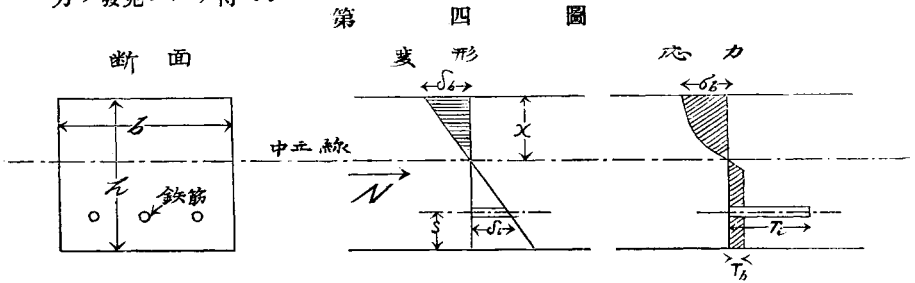
$$T_i = \frac{m (h - h_1 - s)}{h_1} \sigma_b$$

} ..... ( 5 )

然ルニ  $M$  ハ前條ニ述ベタル彎曲率ナルヲ以テ其值ヲ ( 5 ) ニ代用シ直チニ混凝土及鐵筋ノ應力ヲ求ムルヲ得ベシ

### (乙) 直應力及彎曲ヲ全時ニ受クル場合

此場合ニ於テハ先ヅ斷面ニ應張力ヲ生ズルヤ否ヤヲ驗スルノ必要アリト雖モ茲ニ述ブル如キ方法ヲ以テ荷重セラレタル圓管ニ在リテハ其中立線ハ常ニ斷面内ニ存在ス即チ斷面ニ應張力ノ生ズルハ明瞭ナルヲ以テ次ノ如キ解法ニ依リ其應力ヲ發見スルヲ得ベシ



$\Sigma H = 0$  ナルガ故ニ

$$N = \frac{5}{8} \sigma_b b x - T_b b (h - x) - T_i a$$

又  $\Sigma M = 0$  ナルヲ以テ

$$M = \frac{5}{12} \sigma_b b x^2 + \frac{1}{2} T_b b (h - x)^2 + T_i a (h - x - s)$$

今  $m = \frac{E_t}{E_b}, \quad \delta = \frac{T_b}{\sigma_b}$  トスレバ

$$T_i = \frac{\sigma_b m (h-x-s)}{x} \quad \text{及} \quad T_b = \delta \sigma_b \dots \dots \dots (6)$$

故 =

$$N = \frac{3}{2} \sigma_b b x - \delta \sigma_b b (h-x) - \frac{am(h-x-s)}{x}$$

$$= \frac{\sigma_b}{x} \left\{ \frac{3}{2} b x^2 - \delta b x (h-x) - am(h-x-s) \right\} \dots \dots \dots (7)$$

$$M = \frac{5}{12} \sigma_b b x^2 + \frac{1}{2} \delta \sigma_b b (h-x)^2 + \frac{am\sigma_b (h-x-s)^2}{x}$$

$$= \frac{\sigma_b}{x} \left\{ \frac{5}{12} b x^3 + \frac{1}{2} \delta b x (h-x)^2 + am(h-x-s)^2 \right\} \dots \dots \dots (8)$$

即チ(7)ヨリ  $\sigma_b$ ヲ求ムレバ

$$\sigma_b = \frac{Nx}{\frac{3}{2} b x^2 - \delta b x (h-x) - am(h-x-s)} \dots \dots \dots (9)$$

全様(8)ヨリ

$$\sigma_b = \frac{Mx}{\frac{5}{12} b x^3 + \frac{1}{2} \delta b x (h-x)^2 + am(h-x-s)^2} \dots \dots \dots (10)$$

$\sigma_b$ ニ對スル此二ツノ値ハ全等ナル可キヲ以テ(9)及(10)ヨリ

$$\frac{M}{N} = \frac{\frac{5}{12} b x^3 + \frac{1}{2} \delta b x (h-x)^2 + am(h-x-s)^2}{\frac{3}{2} b x^2 - \delta b x (h-x) - am(h-x-s)} \dots \dots \dots (11)$$

(11)ハ  $x$ ニツキ三次方程式ナリ然ルニ  $M$ ハ該断面ニ於ケル彎曲率  $N$ ハ軸應力ナルヲ以テ前條ニヨリ其値ヲ見出スコトヲ得ベシ即チ此式中  $x$ 以外ハ凡テ已知數ナルヲ以テ  $x$ ニ適宜ノ値ヲ與ヘ此式ニ入レテ其適否ヲ檢スルトキハ容易ニ其值ヲ見出スコトヲ得ベシ斯クシテ中立線ノ位置ヲ定ムルヲ得レバ混凝土及鐵筋ノ應力ハ(6)(9)或(10)式ヨリ之ヲ算出スルヲ得ベシ

### (五) 供試管ノ破壞應力

前條列記ノ方法ニヨリ  $m = 12$ .  $\delta = \frac{1}{10}$  ト假定シ供試各管ニツキ夫々其破壞

應力即チ管ニ始メテ罅裂ヲ發生シタリシ當時ノ應力ヲ計算セシニ次表ノ如キ結果ヲ得タリ

内徑	番號	配合	干燥 日數	管側(C)ニ於テ(吋封度)			管底(D)ニ於テ(吋封度)		
				$\sigma_b$	$T_b$	$T_i$	$\sigma_b$	$T_b$	$T_i$
21"	I	1:2:1.5	178	1152	115	28014	1619	162	30389
"	II	1:2:4	171	1020	102	24806	1439	144	27010
"	III	1:2:4	170	1240	124	30157	1739	174	32641
"	IV	1:3	168	1064	106	25886	1499	150	28136
24"	I	1:3	46	1051	105	27326	1570	157	31102
"	II	1:2:4	183	1407	141	36582	2083	208	41264

此結果ヨリ推スルニ管ノ破壊セシハ全ク管底ニ起リシ彎曲率ニ起因スベキモノ、如ク而シテ其數字モ亦混凝土或ハ鐵筋ノ彈限應力トシテ實際アリ得ベキ範圍ナリト思考ス是レ外壓ヲ受クル圓管計算ノ一方法トシテ本論ヲ草シ識者ノ高教ヲ煩ハサントスル以所ニ外ナラズ尙ホ起草ニ際シ名古屋高等工業學校教授吉町工學士ノ懇篤ナル示教ヲ受ケタリ茲ニ謹デ深厚ノ謝意ヲ表ス

(注意 本編ニ於ケル譯語ハ凡テ英和工學字典ニ據ル)