論說

土木學會誌　第一卷第六號　大正四年十二月

鐵筋混凝土管試驗報告書ノ補遺

工學士　小野榮作

記者カ曩ニ本誌第一卷第二號ニ鐵筋混凝土管試驗ノ概要ヲ報告セリ當時稿ヲ急キタル結果充分ニ之レカ推敲ヲナスノ暇ナカリシ爲メ多少ノ遺漏ヲ免レサリシハ記者ノ遺憾トスル所ナリ依テ茲ニ再ヒ之レカ補缺ヲ草シ斯道諸賢ノ教示ヲ乞ハントス

第一　補缺ノ要點

補缺ノ要點ハ次ノ二項トス

一、本誌四八六頁以下管內ニ於ケル應力計算ニ於テ管頂及管底ニ於ケル荷重カ對稱的ナラサル場合ニアリテハ該點ニ於テ一般ニ水平直應力カ發生シ從テ諸應力ニ多少ノ差異ヲ生スルモノナリ前報告書中ニハ之レカ考量ヲ缺キタルヲ以テ茲ニ之レヲ補足セントス而シテ其影響スル所ハ四八八頁第一圖(a)ノ場合四九一頁第二圖(a)及(b)ノ場合四九四頁第三圖(a)ノ場合四九六頁第四圖(a)ノ場合五〇一頁第五圖及五〇四頁第六圖ノ場合トス

二、本誌五一二頁ニ於ケル附着應力ノ計算式ハ直應力ナキ直桁ノ場合ノ式ナリ然ルニ弧桁ニ於テハ一般ニ直應力カ存在スルニヨリ附着應力モ多少其趣ヲ異ニスルヲ以テ茲ニ其ノ公式ヲ演繹セントス

2043

第二　四八八頁第一圖(a)ノ場合

今H_A及H_Bヲ以テ夫々A及B點ニ於ケル水平直應力トスレハ水平力ノ和ハ零ナルヲ以テ$H_A+H_B=0$ナリ而シテ其他ノ凡テノ符號ハ前報告書ノ場合ト同一ナリトス

$\varphi=0$ ヨリ $\varphi=\pi-\alpha$ 迄

$$M_\varphi=M_A+H_A r(1-\cos\varphi)-Pr\sin\varphi$$

$$N_\varphi=P\sin\varphi+H_A\cos\varphi$$

$$T_\varphi=P\cos\varphi-H_A\sin\varphi$$

$\varphi=\pi-\alpha$ ヨリ $\varphi=\pi$ 迄

$$M_\varphi=M_A+H_A r(1-\cos\varphi)-Pr\sin\varphi-\frac{Pr}{2\sin\alpha}(\sin\alpha-\sin\varphi)^2$$

$$N_\varphi=P\sin\varphi+H_A\cos\varphi-\frac{P}{\sin\alpha}(\sin\alpha-\sin\varphi)\sin\varphi=\frac{P\sin^2\varphi}{\sin\alpha}+H_A\cos\varphi$$

$$T_\varphi=P\cos\varphi-H_A\sin\varphi-\frac{P}{\sin\alpha}(\sin\alpha-\sin\varphi)\cos\varphi=\frac{P\sin\varphi\cos\varphi}{\sin\alpha}-H_A\sin\varphi$$

故ニ前報告書ト同一ノ方法ニヨリ內働ノ全量Wヲ求メ$\frac{\partial W}{\partial M_A}=0,\ \frac{\partial W}{\partial H_A}=0$トスレハ$M_A$及$H_A$ヲ含ム二方程式ヲ得ラルヽニヨリ之レヨリ$M_A$及$H_A$ヲ求ムレハ次ノ如シ

$$M_A=\frac{Pr}{\pi}\left\{\frac{\alpha\sin\alpha}{2}+\frac{\alpha}{4\sin\alpha}+\frac{3\cos\alpha}{4}+1\right\}-\frac{Pr\sin^2\alpha}{3\pi}\,\frac{\frac{r^2}{I}-\frac{1}{A}}{\frac{r^2}{I}+\frac{1}{A}}\quad\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(4)_1$$

從テ

$$H_A=\frac{P\sin^2\alpha}{3\pi}\cdot\frac{\frac{r^2}{I}-\frac{1}{A}}{\frac{r^2}{I}+\frac{1}{A}}\quad\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(4)_2$$

$$M_B=\frac{Pr}{\pi}\left\{\frac{\alpha}{4\sin\alpha}+\frac{3\cos\alpha}{4}-\frac{(\pi-\alpha)\sin\alpha}{2}+1\right\}+\frac{Pr\sin^2\alpha}{3\pi}\cdot\frac{\frac{r^2}{I}-\frac{1}{A}}{\frac{r^2}{I}+\frac{1}{A}}\quad\cdots\cdots\cdots(5)_1$$

$$M_C=M_D=\frac{Pr}{\pi}\left\{\frac{\alpha\sin\alpha}{2}+\frac{\alpha}{4\sin\alpha}+\frac{3\cos\alpha}{4}+1-\pi\right\}\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(6)_1$$

又

$$\left.\begin{array}{lll}N_A=H_A, & N_B=-H_A, & N_C=N_D=P\\ T_A=P, & T_B=0, & T_C=T_D=-H_A\end{array}\right\}\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(7)_1$$

以上$(4)_1$乃至$(7)_1$式ヲ前報告書中ノ(4)乃至(7)式ト比較セハ其差異自ラ明瞭タルヘシ但シM_Cノ値ハH_Aノ影響ヲ蒙ラス又管側ニ於ケル最大彎曲力率ノ點ハC點ニアラスシテ之レヨリ多少上方ニ移偏スヘシ

第三　四九一頁第二圖(a)ノ場合

$\varphi=0$ ヨリ $\varphi=\pi-\alpha$ 迄

$$M_\varphi=M_A+H_Ar(1-\cos\varphi)-wr^2(\varphi\sin\varphi+\cos\varphi-1)$$

$$N_\varphi=wr\sin\varphi+H_A\cos\varphi$$

$$T_\varphi=wr\cos\varphi-H_A\sin\varphi$$

2045

$\varphi=\pi-\alpha$ ヨリ $\varphi=\pi$ 迄

$$M_\varphi = M_A + H_A r(1-\cos\varphi) - wr^2(\varphi\sin\varphi + \cos\varphi - 1) - \frac{w'r^2}{2}(\sin\alpha - \sin\varphi)^2$$

$$N_\varphi = \left\{wr\varphi - w'r(\sin\alpha - \sin\varphi)\right\}\sin\varphi + H_A\cos\varphi$$

$$T_\varphi = \left\{wr\varphi - w'r(\sin\alpha - \sin\varphi)\right\}\cos\varphi - H_A\sin\varphi$$

故ニ前ト同一ノ方法ニヨリテM_A及H_Aヲ求ムレハ次ノ如シ

$$M_A = wr^2\left(\frac{\alpha\sin\alpha}{2} + \frac{\alpha}{4\sin\alpha} + \frac{3\cos\alpha}{4} - 1\right) + wr^2\left(\frac{1}{2} - \frac{\sin^2\alpha}{3}\right)\frac{\frac{r^2}{I} - \frac{1}{A}}{\frac{r^2}{I} + \frac{1}{A}} \quad \cdots\cdots\cdots(15)_1$$

$$H_A = -wr\left(\frac{1}{2} - \frac{\sin^2\alpha}{3}\right)\frac{\frac{r^2}{I} - \frac{1}{A}}{\frac{r^2}{I} + \frac{1}{A}} \quad \cdots\cdots\cdots(15)_2$$

從テ

$$M_B = wr^2\left(\frac{\alpha}{4\sin\alpha} + \frac{3\cos\alpha}{4} - \frac{(\pi-\alpha)\sin\alpha}{2} + 1\right) - wr^2\left(\frac{1}{2} - \frac{\sin^2\alpha}{3}\right)\frac{\frac{r^2}{I} - \frac{1}{A}}{\frac{r^2}{I} + \frac{1}{A}} \quad \cdots\cdots\cdots(16)_1$$

$$M_C = M_D = wr^2\left(\frac{\alpha}{4\sin\alpha} + \frac{\alpha\sin\alpha}{4} + \frac{3\cos\alpha}{4} - \frac{\pi}{2}\right) \quad \cdots\cdots\cdots(17)_1$$

$$\left.\begin{array}{lll} N_A = H_A, & N_B = -H_A, & N_C = N_D = \frac{1}{2}w\pi r \\ T_A = 0, & T_B = 0, & T_C = T_D = -H_A \end{array}\right\} \quad \cdots\cdots\cdots(18)_1$$

第四　四九一頁第二圖(b)ノ場合

此場合ニ於テハ前ノ第二圖(a)ノ場合ニ於ケル各式ニ $\alpha=0$ ナル條件ヲ附與スレハ可ナリ

$\varphi=0$ ヨリ $\varphi=\pi$ 迄

$$M_\varphi=M_A+H_A r(1-\cos\varphi)-wr^2(\varphi\sin\varphi+\cos\varphi-1)$$

$$N_\varphi=wr\varphi\sin\varphi+H_A\cos\varphi$$

$$T_\varphi=wr\varphi\cos\varphi-H_A\sin\varphi$$

又

$$M_A=\frac{wr^2}{2}\frac{\frac{r^2}{I}-\frac{1}{A}}{\frac{r^2}{I}+\frac{1}{A}} \quad \cdots\cdots (20)_1$$

$$H_A=-\frac{wr}{2}\frac{\frac{r^2}{I}-\frac{1}{A}}{\frac{r^2}{I}+\frac{1}{A}} \quad \cdots\cdots (20)_2$$

$$M_B=2wr^2-\frac{wr^2}{2}\frac{\frac{r^2}{I}-\frac{1}{A}}{\frac{r^2}{I}+\frac{1}{A}} \quad \cdots\cdots (21)_1$$

$$M_C=M_D=-wr^2\left(\frac{\pi}{2}-1\right) \quad \cdots\cdots (22)_1$$

$$\left.\begin{array}{lll} N_A=H_A, & N_B=-H_A, & N_C=N_D=\frac{1}{2}w\pi r \\ T_A=0, & T_B=-w\pi r, & T_C=T_D=-H_A \end{array}\right\} \quad \cdots\cdots (23)_1$$

一般ニ自重ニヨリ管側ニ生スル最大彎曲力率ハC點ニアラスシテ此レヨリ多少下方ニ移偏スヘシ其位置ハ容易ニ求ムルコトヲ得ヘシ

第五　四九四頁第三圖(a)ノ場合

$$M_A=\frac{Pr}{\pi}\left(\frac{\alpha\sin\alpha}{2}+\frac{\alpha}{4\sin\alpha}+\frac{3\cos\alpha}{4}+1\right)-\frac{Pr\sin^2\alpha}{3\pi}\frac{\frac{r^2}{I}-\frac{1}{A}}{\frac{r^2}{I}+\frac{1}{A}}$$

$$H_A=\frac{P\sin^2\alpha}{3\pi}\frac{\frac{r^2}{I}-\frac{1}{A}}{\frac{r^2}{I}+\frac{1}{A}}$$

$\varphi=0$ ヨリ $\varphi=\pi-\alpha$ 迄

$$M_\varphi=M_A+H_Ar(1-\cos\varphi)-Pr\sin\varphi$$
$$N_\varphi=P\sin\varphi+H_A\cos\varphi$$

$\varphi=\pi-\alpha$ ヨリ $\varphi=\pi$ 迄

$$M_\varphi=M_A+H_Ar(1-\cos\varphi)-Pr\sin\varphi-\frac{Pr}{2\sin\alpha}(\sin\alpha-\sin\varphi)^2$$

$$N_\varphi=\frac{P\sin^2\varphi}{\sin\alpha}+H_A\cos\varphi$$

故ニ前報告書ト同一ノ方法ニヨリδヲ求ムレハ次ノ如シ

$$\delta=\frac{Pr^3}{EI}\left\{\frac{\pi}{2}-\frac{\alpha}{4}+\frac{3\sin\alpha\cos\alpha}{16}+\frac{\alpha\sin^2\alpha}{4}+\frac{3\alpha}{32\sin^2\alpha}-\frac{3\cos\alpha}{32\sin\alpha}-\frac{1}{\pi}\left(\frac{\alpha^2\sin^2\alpha}{4}\right.\right.$$

$$
+\frac{\alpha^2}{4}+\frac{\alpha^2}{16\sin^2\alpha}+\frac{3\alpha\sin\alpha\cos\alpha}{4}+\frac{3\alpha\cos\alpha}{8\sin\alpha}+\frac{9\cos^2\alpha}{16}+\frac{3\cos\alpha}{2}
$$

$$
\left.+\alpha\sin\alpha+\frac{\alpha}{2\sin\alpha}+1\right)-\frac{\sin^4\alpha}{18\pi}\frac{\left(\frac{r^2}{I}-\frac{1}{A}\right)\left(\frac{r^2}{I}+\frac{3}{A}\right)}{\left(\frac{r^2}{I}+\frac{1}{A}\right)^2}\Bigg\}
$$

$$
+\frac{Pr}{EA}\left\{\frac{1}{2}(\pi-\alpha)+\frac{\sin\alpha\cos\alpha}{4}+\frac{3\alpha}{8\sin^2\alpha}-\frac{3\cos\alpha}{8\sin\alpha}+\frac{\sin^4\alpha}{18\pi}\frac{\left(\frac{r^2}{I}-\frac{1}{A}\right)\left(\frac{3r^2}{I}+\frac{1}{A}\right)}{\left(\frac{r^2}{I}+\frac{1}{A}\right)^2}\right\} \quad \cdots (24)_h
$$

第六　四九六頁第四圖(a)ノ場合

此場合ニ於テハ垂直荷重ヨリ生スルA點ノ水平力ハ既知ノ量トス即

$$
H_A=\frac{P\sin^2\alpha}{3\pi}\frac{\frac{r^2}{I}-\frac{1}{A}}{\frac{r^2}{I}+\frac{1}{A}}
$$

AヨリD迄

$$
M_\varphi=M_A+Hr(1-\cos\varphi)-Pr\sin\varphi+H_Ar(1-\cos\varphi)
$$

$$
N_\varphi=P\sin\varphi+H\cos\varphi+H_A\cos\varphi
$$

DヨリF迄

$$
M_\varphi=M_A+Hr(1-\cos\varphi)-Pr\cos\varphi+H_Ar(1+\sin\varphi)
$$

$$
N_\varphi=P\cos\varphi+H\sin\varphi-H_A\sin\varphi
$$

2049

F ヨリ B 迄

$$M_\varphi=M_A+Hr\left\{1-\cos(\alpha-\varphi)\right\}-Pr\sin(\alpha-\varphi)-\frac{Pr}{2\sin\alpha}\left\{\sin\alpha-\sin(\alpha-\varphi)\right\}^2+H_Ar\left\{1+\cos(\alpha-\varphi)\right\}$$

$$N_\varphi=P\sin(\alpha-\varphi)+H\cos(\alpha-\varphi)-\frac{P}{\sin\alpha}\left\{\sin\alpha-\sin(\alpha-\varphi)\right\}\sin(\alpha-\varphi)-H_A\cos(\alpha-\varphi)$$

故ニ前報告書ト同一ノ方法ニヨリ δ' ヲ求ムレバ次ノ如シ

$$\delta'=\frac{Pr^3}{EI}\left\{\frac{2}{\pi}-\frac{1}{2}+\frac{3\cos\alpha}{2\pi}+\frac{\alpha}{2\pi\sin\alpha}+\frac{\alpha\sin\alpha}{\pi}-\frac{\cos^2\alpha}{2}-\frac{2\sin^2\alpha}{3}\right.$$
$$\left.-\frac{2(\pi-2)}{3\pi}\,\frac{\dfrac{r^2}{I}-\dfrac{1}{A}}{\dfrac{r^2}{I}+\dfrac{1}{A}}\right\}-\frac{Pr}{EA}\left\{\frac{1}{2}+\frac{\cos^2\alpha}{2}+\frac{\sin^2\alpha}{3}\right\}\qquad\cdots\cdots\cdots(26)_1$$

第七　五〇一頁第五圖ノ場合

前ト同樣ニ　$H_A+H_B=0$ ナリ

A ヨリ D 迄

$$M\varphi_1=M_A+H_Ar_1(1-\cos\varphi_1)-Pr_1\sin\varphi_1$$
$$N\varphi_1=P\sin\varphi_1+H_A\cos\varphi_1$$
$$T\varphi_1=P\cos\varphi_1-H_A\sin\varphi_1$$

D ヨリ F 迄

$$M\varphi_2=M_A+H_A(r_1+r_2\sin\varphi_2)-P\left\{r_1-r_2(1-\cos\varphi_2)\right\}$$

$$N\varphi_2 = P\cos\varphi_2 - H_A \sin\varphi_2$$

$$T\varphi_2 = P\sin\varphi_2 + H_A \cos\varphi_2$$

F ヨリ *E* 迄

$$M'\varphi_2 = M_A + H_A(r_1 + r_2\sin\varphi_2) - P\left\{r_1 - r_2(1-\cos\varphi_2)\right\} - \frac{Pr_2^2}{2s}\left\{\cos(\alpha-\beta) - \cos\varphi_2\right\}^2$$

$$N'\varphi_2 = P\cos\varphi_2 - H_A\sin\varphi_2 - \frac{Pr_2}{s}\left\{\cos(\alpha-\beta) - \cos\varphi_2\right\}\cos\varphi_2$$

$$T'\varphi_2 = P\sin\varphi_2 + H_A\cos\varphi_2 - \frac{Pr_2}{s}\left\{\cos(\alpha-\beta) - \cos\varphi_2\right\}\sin\varphi_2$$

E ヨリ *B* 迄

$$M\varphi_3 = M_A + H_A\left\{r_1 + (r_2 - r_3)\sin\alpha + r_3\sin(\alpha+\varphi_3)\right\} - Pr_3\cos(\alpha+\varphi_3)$$
$$- \frac{P}{2s}\left\{r_2\cos(\alpha-\beta) - (r_2-r_3)\cos\alpha - r_3\cos(\alpha+\varphi_3)\right\}^2$$

$$N\varphi_3 = P\cos(\alpha+\varphi_3) - H_A\sin(\alpha+\varphi_3) - \frac{P}{s}\left\{r_2\cos(\alpha-\beta) - (r_2-r_3)\cos\alpha - r_3\cos(\alpha+\varphi_3)\right\}\cos(\alpha+\varphi_3)$$

$$T\varphi_3 = P\sin(\alpha+\varphi_3) + H_A\cos(\alpha+\varphi_3) - \frac{P}{s}\left\{r_2\cos(\alpha-\beta) - (r_2-r_3)\cos\alpha - r_3\cos(\alpha+\varphi_3)\right\}\sin(\alpha+\varphi_3)$$

即前報告書ト同一ノ方法ニヨリテ内働ノ全量ヲ求メ $\frac{\partial W}{\partial M_A}=0$, $\frac{\partial W}{\partial H_A}=0$ トスレハ M_A 及 H_A ヲ含ム次ノ二方程式ヲ得之レヨリ M_A 及 H_A ヲ求ムルコトヲ得ヘシ

$$M_A\left\{\frac{\pi r_1}{2} + \alpha r_2 + \left(\frac{\pi}{2} - \alpha\right)r_3\right\} + H_A\left\{r_1^2\left(\frac{\pi}{2} - 1\right) + \alpha r_1 r_2 + r_2^2 - r_2^2\cos\alpha + \pi r_3\left(\frac{\pi}{2} - \alpha\right) + r_3^2\cos\alpha\right\}$$

$$-P\left[r_1^2+r_1r_2\alpha-r_2^2\alpha+r_2^2\sin\alpha+\frac{r_2^3}{2s}\left\{\beta\cos^2(\alpha-\beta)-2\sin\alpha\cos(\alpha-\beta)+\frac{1}{2}\sin\alpha\cos\alpha\right.\right.$$

$$\left.\left.+\frac{3}{2}\sin(\alpha-\beta)\cos(\alpha-\beta)+\frac{\beta}{2}\right\}+\frac{r_3^3}{4s}\left\{\left(\frac{\pi}{2}-\alpha\right)-\sin\alpha\cos\alpha\right\}+\frac{sr_3\left(\frac{\pi}{2}-\alpha\right)}{2}\right]=0$$

$$\frac{M_A}{I}\left\{r_1^2\left(\frac{\pi}{2}-1\right)+\alpha r_1r_2+r_2^2-r_2^2\cos\alpha+nr_3\left(\frac{\pi}{2}-\alpha\right)+r_3^2\cos\alpha\right\}$$

$$+H_A\left[\frac{r_1^3}{I}\left(\frac{3\pi}{4}-2\right)+\frac{r_2}{I}\left\{r_1^2\alpha+2r_1r_2(1-\cos\alpha)+\frac{1}{2}r_2^2(\alpha-\sin\alpha\cos\alpha)\right\}\right.$$

$$+\frac{r_3}{I}\left\{\left(\frac{\pi}{2}-\alpha\right)n^2+2nr_3(1+\cos\alpha)+\frac{1}{2}r_3^2\left(\frac{\pi}{2}-\alpha+\sin\alpha\cos\alpha\right)\right\}+\frac{r_1\pi}{4A}$$

$$\left.+\frac{r_2(\alpha-\sin\alpha\cos\alpha)}{2A}+\frac{r_3\left(\frac{\pi}{2}-\alpha+\sin\alpha\cos\alpha\right)}{2A}\right]$$

$$-P\left[\frac{1}{I}\left\{\frac{r_1^3}{2}+(r_1^2r_2-r_1r_2^2)\alpha+r_1r_2^2\sin\alpha+(r_1r_2^2-r_2^3)(1-\cos\alpha)+\frac{1}{2}r_2^3\sin^2\alpha\right\}\right.$$

$$+\frac{r_2^3}{2sI}\cos(\alpha-\beta)\left\{r_1\beta\cos(\alpha-\beta)-2r_1\sin\alpha+\frac{3}{2}r_1\sin(\alpha-\beta)-r_2\cos\alpha\cos(\alpha-\beta)+r_2\cos^2\alpha+\frac{1}{3}r_2\cos^2(\alpha-\beta)\right\}$$

$$+\frac{r_1r_2^3}{4sI}(\beta+\sin\alpha\cos\alpha)-\frac{r_2^4\cos^3\alpha}{6sI}+\frac{\left(\frac{\pi}{2}-\alpha\right)nsr_3}{2I}+\frac{sr_3^2\cos\alpha}{2I}$$

$$+\frac{nr_3^3}{4sI}\left(\frac{\pi}{2}-\alpha-\sin\alpha\cos\alpha\right)+\frac{r_3^4\cos^3\alpha}{6sI}-\frac{r_1}{2A}+\frac{r_2\sin^2\alpha}{2A}$$

$$\left.-\frac{r_2^2}{sA}\left\{\frac{\cos^3(\alpha-\beta)}{6}-\frac{\cos^2\alpha\cos(\alpha-\beta)}{2}+\frac{\cos^3\alpha}{3}\right\}+\frac{r_3^2\cos^3\alpha}{2sA}\right]=0$$

$$s=r_2\cos(\alpha-\beta)-(r_2-r_3)\cos\alpha$$

$$n=r_1+r_2\sin\alpha-r_3\sin\alpha$$

第八　五〇四頁第六圖ノ場合

$$P=w\left\{\frac{\pi}{2}r_1+\alpha r_2+\left(\frac{\pi}{2}-\alpha\right)r_3\right\}$$

$$H_A+H_B=0$$

A ヨリ D 迄

$$M_{\varphi_1}=M_A-wr_1^2(\varphi_1\sin\varphi_1+\cos\varphi_1-1)+H_Ar_1(1-\cos\varphi_1)$$

$$N_{\varphi_1}=wr_1\varphi_1\sin\varphi_1+H_A\cos\varphi_1$$

$$T_{\varphi_1}=wr_1\varphi_1\cos\varphi_1-H_A\sin\varphi_1$$

D ヨリ E 迄

$$M_{\varphi_2}=M_A-wr_1\frac{\pi}{2}\left\{h-r_2(1-\cos\varphi_2)\right\}+wr_2^2(\sin\varphi_2-\varphi_2\cos\varphi_2)+H_A(r_1+r_2\sin\varphi_2)$$

$$N_{\varphi_2}=w\left(r_1\frac{\pi}{2}+r_2\varphi_2\right)\cos\varphi_2-H_A\sin\varphi_2$$

$$T_{\varphi_2}=w\left(r_1\frac{\pi}{2}+r_2\varphi_2\right)\sin\varphi_2+H_A\cos\varphi_2$$

F ヨリ E 迄

$$M'\varphi_2=M_A-wr_1\frac{\pi}{2}\left\{h-r_2(1-\cos\varphi_2)\right\}+wr_2^2(\sin\varphi_2-\varphi_2\cos\varphi_2)-\frac{Pr_2^2}{2s}\left\{\cos(\alpha-\beta)-\cos\varphi_2\right\}^2+H_A(r_1+r_2\sin\varphi$$

$$N'\varphi_2=w\left(r_1\frac{\pi}{2}+r_2\varphi_2\right)\cos\varphi_2-\frac{Pr_2}{s}\left\{\cos(\alpha-\beta)-\cos\varphi_2\right\}\cos\varphi_2-H_A\sin\varphi_2$$

$$T'\varphi_2=w\left(r_1\frac{\pi}{2}+r_2\varphi_2\right)\sin\varphi_2-\frac{Pr_2}{s}\left\{\cos(\alpha-\beta)-\cos\varphi_2\right\}\sin\varphi_2+H_A\cos\varphi_2$$

E ヨリ B 迄

$$M_{\varphi_3}=M_A-wr_1\frac{\pi}{2}\left\{h-r_1+r_3\cos(\alpha+\varphi_3)\right\}+wr_2\alpha\left\{h'+r_3\cos\alpha-r_3\cos(\alpha+\varphi_3)\right\}$$
$$+wr_3^2\left\{\cos\alpha\sin\varphi_3+\sin\alpha\cos\varphi_3-\varphi_3\cos(\alpha+\varphi_3)-\sin\alpha\right\}-\frac{P}{2s}\left\{s-r_3\cos(\alpha+\varphi_3)\right\}^2$$
$$+H_A\left\{r_1+r_2\sin\alpha-r_3\sin\alpha+r_3\sin(\alpha+\varphi_3)\right\}$$

$$N_{\varphi_3}=w\left(r_1\frac{\pi}{2}+r_2\alpha+r_3\varphi_3\right)\cos(\alpha+\varphi_3)-\frac{P}{s}\left\{s-r_3\cos(\alpha+\varphi_3)\right\}\cos(\alpha+\varphi_3)-H_A\sin(\alpha+\varphi_3)$$

$$T_{\varphi_3}=w\left(r_1\frac{\pi}{2}+r_2\alpha+r_3\varphi_3\right)\sin(\alpha+\varphi_3)-\frac{P}{s}\left\{s-r_3\cos(\alpha+\varphi_3)\right\}\sin(\alpha+\varphi_3)+H_A\cos(\alpha+\varphi_3)$$

故ニ前ト同樣ノ方法ニヨリ M_A 及 H_A ヲ含ム二方程式ヲ得即次ノ如シ

$$M_A\left\{r_1\frac{\pi}{2}+r_2\alpha+r_3\left(\frac{\pi}{2}-\alpha\right)\right\}+H_A\left\{r_1\left(\frac{\pi}{2}-1\right)+r_1r_2\alpha+r_2^2(1-\cos\alpha)+r_3n\left(\frac{\pi}{2}-\alpha\right)+r_3^2\cos\alpha\right\}$$

$$
-w\left\{r_1^3\left(2-\frac{\pi}{2}\right)+(r_1^2r_2-r_1r_2^2)\,\alpha\frac{\pi}{2}-r_1^2r_2\alpha+r_1r_2^2\frac{\pi}{2}\sin\alpha\right.
$$

$$
+r_2^3\alpha\sin\alpha+2r_2^3(\cos\alpha-1)-r_1^2r_3\left(\frac{\pi}{2}-\alpha\right)-r_2^2r_3\left(\frac{\pi}{2}-\alpha\right)\sin\alpha
$$

$$
\left.+(r_2^2r_3-r_2r_3^2)\left(\frac{\pi}{2}-\alpha\right)\alpha\cos\alpha+2r_3^3\left(\frac{\pi}{2}-\alpha\right)\sin\alpha-2r_3^3\cos\alpha\right\}
$$

$$
-\frac{Pr_2^3}{2s}\left\{\frac{1}{2}\sin\alpha\cos\alpha-2\cos(\alpha-\beta)\sin\alpha+\beta\cos^2(\alpha-\beta)+\frac{3}{2}\sin(\alpha-\beta)\cos(\alpha-\beta)+\frac{\beta}{2}\right\}
$$

$$
-\frac{Psr_3}{2}\left(\frac{\pi}{2}-\alpha\right)-\frac{Pr_3^3}{4s}\left(\frac{\pi}{2}-\alpha-\sin\alpha\cos\alpha\right)=0
$$

$$
\frac{M_A}{I}\left\{r_1^2\left(\frac{\pi}{2}-1\right)+r_1r_2\alpha+r_2^2(1-\cos\alpha)+r_3n\left(\frac{\pi}{2}-\alpha\right)+r_3^2\cos\alpha\right\}
$$

$$
+H_A\left[\frac{1}{I}\left\{r_1^2r_2\alpha+2r_1r_2^2(1-\cos\alpha)+\frac{1}{2}r_2^3(\alpha-\sin\alpha\cos\alpha)+r_1^3\left(\frac{3\pi}{4}-2\right)+\left(n^2r_3+\frac{1}{2}r_3^3\right)\left(\frac{\pi}{2}-\alpha\right)\right.\right.
$$

$$
\left.\left.+\frac{1}{2}r_3^3\sin\alpha\cos\alpha+2nr_3^2\cos\alpha\right\}+\frac{1}{A}\left\{\frac{r_1\pi}{4}+\frac{1}{2}r_2(\alpha-\sin\alpha\cos\alpha)+\frac{1}{2}r_3\left(\frac{\pi}{2}-\alpha\right)+\frac{1}{2}r_3\sin\alpha\cos\alpha\right\}\right]
$$

$$
-w\left[\frac{1}{I}\left\{r_1^4\left(3-\frac{7\pi}{8}\right)+r_2\left(r_1^3\,\alpha\frac{\pi}{2}-r_1^3\alpha-r_1^2r_2\frac{\pi}{2}\cos\alpha+r_1^2r_2\cos\alpha-r_1^2r_2\alpha\frac{\pi}{2}+r_1^2r_2\frac{\pi}{2}\sin\alpha\right.\right.\right.
$$

$$
+r_1r_2^2\frac{\pi}{2}\cos\alpha+\frac{1}{2}r_1r_2^2\frac{\pi}{2}\sin^2\alpha+2r_1r_2^2\cos\alpha+r_1r_2^2\alpha\sin\alpha-\frac{3}{4}r_2^3\alpha+\frac{3}{4}r_2^3\sin\alpha\cos\alpha
$$

$$
\left.+\frac{1}{2}r_2^3\alpha\sin^2\alpha+r_1^2r_2\frac{\pi}{2}-r_1^2r_2-r_1r_2^2\frac{\pi}{2}-2r_1r_2^2\right)-nr_3(r_1^2-r_3^2)\left(\frac{\pi}{2}-\alpha\right)-r_3(r_1^2r_3+2nr_3^2)\cos\alpha
$$

2055

$$+nr_3\left(\frac{r_1r_3\pi}{2}+r_2r_3\alpha\right)(1-\sin\alpha)+r_3\left(\frac{r_1r_3^2\pi}{4}+r_2^2r_3\alpha-\frac{1}{2}r_2r_3^2\alpha\right)\cos^2\alpha-nr_3(r_2^2-r_3^2)\left(\frac{\pi}{2}-\alpha\right)\sin\alpha$$

$$+nr_3(r_2^2-r_2r_3)\left(\frac{\pi}{2}-\alpha\right)\alpha\cos\alpha-r_3\left(r_2^2r_3-\frac{1}{4}r_3^3\right)\sin\alpha\cos\alpha-\frac{1}{4}r_3^4\left(\frac{\pi}{2}-\alpha\right)\Big\}$$

$$-\frac{1}{A}\Big\{\frac{r_1^2\pi}{8}-r_2\left(\frac{r_1\pi\sin^2\alpha}{4}+\frac{r_2\alpha\sin^2\alpha}{2}-\frac{r_2\alpha}{4}+\frac{r_2\sin\alpha\cos\alpha}{4}\right)$$

$$+r_2r_3\alpha\cos^2\alpha-\frac{1}{2}r_3^2\left(\frac{\pi}{2}-\alpha\right)\left(\frac{1}{2}-\cos^2\alpha\right)+\frac{r_3^2\sin\alpha\cos\alpha}{4}\Big\}\Big]$$

$$-\frac{Pr_2^3}{2sI}\Big\{\frac{1}{2}r_1\sin\alpha\cos\alpha-2r_1\sin\alpha\cos(\alpha-\beta)-r_2\cos\alpha\cos^2(\alpha-\beta)-r_2\sin^2\alpha\cos(\alpha-\beta)$$

$$-\frac{1}{3}r_2\cos^3\alpha+r_1\beta\cos^2(\alpha-\beta)+\frac{3}{2}r_1\sin(\alpha-\beta)\cos(\alpha-\beta)+\frac{1}{2}r_1\beta+r_2\cos(\alpha-\beta)+\frac{1}{3}r_2\cos^3(\alpha-\beta)\Big\}$$

$$-\frac{Pr_3}{I}\Big\{\frac{ns}{2}\left(\frac{\pi}{2}-\alpha\right)+\frac{sr_3\cos\alpha}{2}-nr_3(1-\sin\alpha)-\frac{1}{2}r_3^2\cos^2\alpha+\frac{nr_3^2}{4s}\left(\frac{\pi}{2}-\alpha\right)-\frac{nr_3^2}{4s}\sin\alpha\cos\alpha+\frac{r_3^3\cos^3\alpha}{6s}\Big\}$$

$$+\frac{Pr_2^2}{sA}\Big\{\frac{1}{2}\sin^2\alpha\cos(\alpha-\beta)+\frac{1}{3}\cos^3\alpha-\frac{1}{2}\cos(\alpha-\beta)\sin^2(\alpha-\beta)-\frac{1}{3}\cos^3(\alpha-\beta)\Big\}-\frac{Pr_3^2}{3sA}\cos^3\alpha=0$$

$$n=r_1+r_2\sin\alpha-r_3\sin\alpha$$

$$s=r_2\cos(\alpha-\beta)-(r_2-r_3)\cos\alpha$$

第九　諸應力及變形量ノ數字的計算

以上ニ演繹シタル諸式ニヨリテ圓形管第五號第六號(共ニ內徑二尺)第九號(內徑二尺五寸)及第十號(內徑三尺)ニ對スル諸應力及變形量ヲ計算シ本誌第一卷第二號所載ノモノト比較スヘシ尙上記諸式中 α β h d p 及 Σo 等ノ値ハ本誌五一三頁第七表及五一四頁第八表中ニアレトモ本編ノ場合ニ

於テハ管頂及管底ニ垂面應力ヲ生シタル結果此等ノ諸量ニ多少ノ變更ヲ來タスモノアルニヨリ便宜上次ノ第一表ヲ作成セリ即本表以外ノ諸量ハ總テ前報告書ニ準スルモノトス

第一表

管種	番號	A,C及D點 h (吋)	A,C及D點 d (吋)	A,C及D點 u (吋)	B點 h (吋)	B點 d (吋)	B點 u (吋)	$p=A/bh$ A,C,D點	$p=A/bh$ B點	鐵筋總周長 Σo (吋)
圓形管	第五號	2·267	1·134	1·134	2·267	1·134	1·134	·00314	·00314	2·074
	第六號	2·267	1·491	1·150	2·267	1·491	1·150	·00314	·00314	2·074
	第九號	2·863	1·909	1·451	3·341	1·909	1·679	·00283	·00242	1·913
	第十號	3·221	2·148	1·638	3·758	2·148	1·891	·00363	·00311	2·164
摘要	$u=\dfrac{h/2+npd}{1+np}$, $n=15$, $b=12''$.									

又本誌五一五頁第九表ニ於ケル罅裂荷重Pノ値及上記第一表ノ諸量ヲ以上ノ諸式ニ代用シ彎曲力率垂面應力及切面應力ヲ計算シ本誌第二號所載ノモノト對照スレハ第二第三第四表ノ如シ

第二表

管種	番號	內徑	區別	彎曲力率(吋封度) 管頂A點 集合荷重	管頂A點 自重	管頂A點 合計	管底B點 集合荷重	管底B點 自重	管底B點 合計	管側C及B點 集合荷重	管側C及B點 自重	管側C及B點 合計
圓	第五號	二尺	二號所載	6,115·6	0	6,115·6	6,115·6	773·7	6,889·3	−3,490·7	−220·9	−3,711·6
			本編	6,115·6	192·5	6,308·1	6,115·6	581·3	6,696·9	−3,490·7	−220·9	−3,711·6

2057

形 管	第六號	二尺	二號所載	7,793·1	0	7,793·1	7,793·1	773·7	8,566·8	−4,448·3	− 220·9	−4,669·2
			本編	7,793·1	192·5	7,985·6	7,793·1	581·3	8,374·4	−4,448·3	− 220·9	−4,669·2
	第九號	二尺五寸	二號所載	7,774·0	24·6	7,798·6	5,139·1	1,027·7	6,166·8	−4,772·8	− 303·3	−5,076·1
			本編	7,530·0	356·3	7,886·3	5,383·1	695·9	6,079·0	−4,772·8	− 303·3	−5,076·1
	第十號	三尺	二號所載	9,272·4	37·9	9,310·3	6,203·7	1,665·3	7,869·0	−5,702·3	− 304·9	−6,007·2
			本編	8,994·9	573·5	9,568·4	6,480·2	1,129·7	7,609·9	−5,702·3	− 304·9	−6,007·2

第三表

管種	番號	內徑	區別	垂面應力（封度）								
				管頂 A 點			管底 B 點			管側 C 及 D 點		
				集合荷重	自重	合計	集合荷重	自重	合計	集合荷重	自重	合計
圓形管	第五號	二尺	二號所載	0	0	0	0	0	0	735·3	46·5	781·8
			本編	0	− 14·7	− 14·7	0	14·7	14·7	735·3	46·5	781·8
	第六號	二尺	二號所載	0	0	0	0	0	0	937·0	46·5	983·5
			本編	0	− 14·7	− 14·7	0	14·7	14·7	937·0	46·5	983·5
	第九號	二尺五寸	二號所載	0	0	0	0	0	0	826·8	73·5	900·3
			本編	14·9	− 20·3	− 5·4	− 14·9	20·3	5·4	826·8	73·5	900·3
	第十號	三尺	二號所載	0	0	0	0	0	0	826·8	98·7	925·5
			本編	14·2	− 27·5	− 13·3	− 14·2	27·5	13·3	826·8	98·7	925·5

第四表　切面應力（封度）

管種	番號	內徑	區別	管頂A點 集合荷重	管頂A點 自重	管頂A點 合計	管底B點 集合荷重	管底B點 自重	管底B點 合計	管側C及D點 集合荷重	管側C及D點 自重	管側C及D點 合計
圓形管	第五號	二尺	二號所載	735·3	0	735·3	−735·3	−93·0	−828·3	0	0	0
			本編	735·3	0	735·3	−735·3	−93·0	−828·3	0	14·7	14·7
	第六號	二尺	二號所載	937·0	0	937·0	−937·0	−93·0	−1,030·0	0	0	0
			本編	937·0	0	937·0	−937·0	−93·0	−1,030·0	0	14·7	14·7
	第九號	二尺五寸	二號所載	735·3	0	735·3	0	0	0	0	0	0
			本編	735·3	0	735·3	0	0	0	−14·9	20·3	5·4
	第十號	三尺	二號所載	735·3	0	735·3	0	0	0	0	0	0
			本編	735·3	0	735·3	0	0	0	−14·2	27·5	13·3

本編第一表乃至第三表ノ諸量ヲ本誌五一一頁ノ諸式ニ前ト同一ノ方法ニヨリテ代用シ力率應力ヲ計算シ本誌第二號所載ノモノト對照スレハ第五表ノ如シ但シ管頂A點ニ於テハ垂面應力ハ負値ナルヲ以テ五一一頁ノ諸式ニ於ケルNノ値ニハ該點ニ於テハ負號ヲ與フヘシ又管側C及D點ニ於テハ彎曲力率及垂面應力ハ前報告書ノ場合ト全ク同一ナルニヨリ次表中ニハ之レヲ省略ス嚴密ニ謂ヘハA及B點ニ水平力ヲ生シタル結果管側ニ於ケル最大彎曲力率ノ點ハ前ニモ述ヘタル如ク集合荷重ト自重トノ場合ニヨリ夫々上方及下方ニ移偏スヘキニヨリ其ノ位置ハ兩荷重ヨリ起ル力率ノ合量ヲ以テ決定スヘキモノナレトモ其ノ力率ノ量ハC點ニ於ケルモノト幾何ノ差

ナキヲ以テ茲ニハ其ノ計算ヲ省略ス

第五表

管種	管號	內徑	區別	最初ノ破裂荷重ニ對スル應力(毎平方吋封度) 管頂A點 k_c	管頂A點 f_c	管頂A點 f_s	管底B點 k_c	管底B點 f_c	管底B點 f_s
圓形管	第五號	二尺	二號所載	0·3120	2,159·9	71,442·6	0·3120	2,433·1	80,431·0
			本編	0·1559	2,217·1	73,438·1	0·1561	2,374·4	78,436·4
	第六號	二尺	二號所載	0·2785	1,755·8	68,220·3	0·2785	1,930·1	74,993·3
			本編	0·1831	1,834·8	71,387·2	0·1834	1,797·6	69,746·4
	第九號	二尺五寸	二號所載	0·2648	1,118·9	46,593·4	0·2648	884·8	36,844·7
			本編	0·1765	1,242·8	51,792·6	0·1514	908·5	37,801·7
	第十號	三尺	二號所載	0·2939	964·9	34,767·2	0·2939	815·5	29,385·0
			本編	0·1957	1,027·6	37,085·5	0·1681	780·3	28,062·6

變形ノ公式ハ第五號及第六號管ニ對スルモノハ本誌第二號所載ノモノト同一ナルニヨリ茲ニハ第九號及第十號管ニ於ケル變形量ヲ計算シ前報告書ノモノト對照スレハ第六表ノ如シ但シ計算ニ要スル諸量ハ本誌五二一頁乃至五二二頁第十三表ニアリ

第六表

管種	番號	內徑	區別	垂直變形 δ (吋) 0·5噸 實驗	0·5噸 計算	1·0噸 實驗	1·0噸 計算	1·5噸 實驗	1·5噸 計算	水平變形 δ′ (吋) 0·5噸 實驗	0·5噸 計算	1·0噸 實驗	1·0噸 計算	1·5噸 實驗	1·5噸 計算
圓形管	第九號	三尺五寸	二號所載	0·0050	0·00460	0·006	0·00920	0·0130	0·01370	0·000	0·0044	0·0600	0·0087	0·0600	0·0131
			本編	—	0·00458	—	0·00916	—	0·01374	—	0·0030	—	0·0060	—	0·0090
	第十號	三尺	二號所載	0·0065	0·00550	0·009	0·01100	0·0165	0·01650	0·000	0·0052	0·0000	0·00104	0·0011	0·0156
			本編	—	0·00548	—	0·01096	—	0·01644	—	0·0035	—	0·0070	—	0·0105

第十　應剪力及附着應力

本誌第一卷第二號所載ノ應剪力及附着應力ノ計算公式ハ管頂及管底ニ於テハ垂面應力カ零ナリシヲ以テ便宜上該應力ノナキ場合即普通ノ桁ニ於ケル公式ヲ適用セリ然ルニ管ノ如キ弧桁ニ於テハ管頂及管底ニ於ケル垂面應力カ零トナルコトアルモ普通ノ桁ノ如ク全長ヲ通シテ零トナルニアラスシテ該應力ハ或函數ヲナシ只管頂及管底ニ於テ該函數カ零トナリタルモノナルニヨリ其應剪力及附着應力ノ狀態モ多少其趣ヲ異ニスルモノナリ殊ニ本編ノ場合ノ如キハ管頂及管底ニ垂面應力カ存在スルニヨリ茲ニハ其場合ニ於ケル公式ヲ演繹セントス而シテ本編ニ於テハ專ラ前記報告書ノ場合ノ附着應力ノ研究ナルヲ以テ其場合ニ於ケル諸式ヨリ之レヲ求ムヘシ即本誌第一卷第二號五一一頁中(14)(15)及(16)式ニ於テ $q=1$ ト假定シタルニヨリ該諸式ハ次ノ如クナルヘシ

$$N=\frac{2}{3}bkdf_c-Af_s \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (1)$$

$$M=\frac{1}{12}(8blkhuf_c-3blk^2h^2f_c)+Af_s(d-u)\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(2)$$

$$\frac{M}{N}=\frac{-3l^2k^3+8ulk^2-12npl(d-u)k+12npd(d-u)}{8lk^2+12nplk-12npd}\cdots\cdots\cdots\cdots(3)$$

(1)及(2)式ヨリf_cヲ消却シテAf_sヲ求ムレハ次ノ如シ

$$Af_s=\frac{M}{d-\frac{3}{8}kh}-\frac{N(u-\frac{3}{8}kh)}{d-\frac{3}{8}kh}\cdots\cdots\cdots\cdots(4)$$

又(3)式ハ之レヲ次ノ如ク書スルコトヲ得

$$M(8lk^2+12nplk-12npd)+N\left\{3l^2k^3-8ulk^2+12npl(d-u)k-12npd(d-u)\right\}=0\cdots\cdots(5)$$

管ニ於テハM及Nハ一般ニφノ函數ナリ故ニ之レヲ次ノ如ク表ハス

$$\left.\begin{array}{l}M=\Phi_1(\varphi)\\N=\Phi_2(\varphi)\end{array}\right\}\cdots\cdots\cdots\cdots(6)$$

又(5)式ニ於テkハM及Nト陰函數ヲナスヲ以テ(5)式ハk及φノ陰函數ナリ依テ

$$f(k,\varphi)=0\cdots\cdots\cdots\cdots(7)$$

今本誌五一一頁第八圖ノ如キ應力ノ分布狀態カ成立スル範圍內ニ於テハ鐵筋應力f_sハ連續函數ヲナス(ヘシ殊ニ管ノ頂底及兩側ニ於テハ最大彎曲力率ノ起ル所ナルニヨリ其附近ニ於テハ以上ノ關係ハ成立ツモノトス其關係ハ(4)式ニヨリテ表ハサル即同式ハφ及kノ函數ナリ實驗ニ供セシ管ノ或種ニ於テハ鐵筋ノ配置上d及uハ常數ニアラサルモ前記諸式中M N及k以外ノ諸量ハ

凡テ常數ト見做スヘシ

(4)式ハ次ノ如ク書スルコトヲ得

$$\left.\begin{aligned} &Af_s=\phi_1(\varphi)f_1(k)-\phi_2(\varphi)f_2(k)\\ &f_1(k)=\frac{1}{d-\frac{3}{8}kh},\qquad f_2(k)=\frac{u-\frac{3}{8}kh}{d-\frac{3}{8}kh}\end{aligned}\right\}\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(8)$$

故ニ

$$U=\frac{d(Af_s)}{ds}=\frac{d(Af_s)}{rd\varphi}=\frac{1}{r}\left\{f_1(k)\frac{d\phi_1(\varphi)}{d\varphi}+\phi_1(\varphi)\frac{df_1(k)}{dk}\,\frac{dk}{d\varphi}-f_2(k)\frac{d\phi_2(\varphi)}{d\varphi}-\phi_2(\varphi)\frac{df_2(k)}{dk}\,\frac{dk}{d\varphi}\right\}\cdots\cdots(9)$$

然ルニ

$$\frac{dk}{d\varphi}=-\frac{\dfrac{\partial f(k,\varphi)}{\partial\varphi}}{\dfrac{\partial f(k,\varphi)}{\partial k}}$$

ナルヲ以テ(9)式ハ次ノ如クナル

$$U=\frac{1}{r}\left\{f_1(k)\frac{d\phi_1(\varphi)}{d\varphi}-\phi_1(\varphi)\frac{df_1(k)}{dk}\,\frac{\dfrac{\partial f(k,\varphi)}{\partial\varphi}}{\dfrac{\partial f(k,\varphi)}{\partial k}}-f_2(k)\frac{d\phi_2(\varphi)}{d\varphi}+\phi_2(\varphi)\frac{df_2(k)}{dk}\,\frac{\dfrac{\partial f(k,\varphi)}{\partial\varphi}}{\dfrac{\partial f(k,\varphi)}{\partial k}}\right\}\cdots\cdots\cdots(10)$$

今μヲ以テ單位附着應力トスレハ

$$\mu=U/\Sigma o\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(11)$$

備考　前報告書ニ於テハ附着應力ノ符號ハuヲ以テ表ハシタレトモ本編ニ於テハ他ノ符號

ト區別スル爲メμヲ以テ之レヲ表ハセリ

第十一　計算ニ必要ナル諸函數

今附着應力ヲ計算スルニ當リ(10)式ニ於ケル諸函數ヲ求メサルヘカラス即彎曲力率並ニ垂面應力ニ對シテハ集合荷重ヨリ起ルモノト自重ヨリ起ルモノトノ合量ヲ取リ之レヲ(5)式ニ入レ以テ其陰函數ノ微係數ヲ求ムヘシ

圓形管第五號及第六號

$\varphi=0$ ヨリ $\varphi=\pi$ 迄

集合荷重ニ對スルモノ

$$M_\varphi=M_A-Pr\sin\varphi$$

$$M_A=\frac{2Pr}{\pi}$$

$$N_\varphi=P\sin\varphi$$

自重ニ對スルモノ

$$M_\varphi=M'_A+H'_A r(1-\cos\varphi)-wr^2(\varphi\sin\varphi+\cos\varphi-1)$$

$$M'_A=\frac{wr^2}{2}\frac{\frac{r^2}{I}-\frac{1}{A}}{\frac{r^2}{I}+\frac{1}{A}}$$

$$H'_A=-\frac{wr}{2}\frac{\frac{r^2}{I}-\frac{1}{A}}{\frac{r^2}{I}+\frac{1}{A}}$$

$$N_\varphi = wr\varphi \sin\varphi + H'_A \cos\varphi$$

故ニ

$$\phi_1(\varphi) = M = M_A + M'_A - Pr \sin\varphi + H'_A r(1-\cos\varphi) - wr^2(\varphi \sin\varphi + \cos\varphi - 1)$$

$$\phi_2(\varphi) = N = P \sin\varphi + wr\,\varphi \sin\varphi + H'_A \cos\varphi$$

$$\frac{d\phi_1(\varphi)}{d\varphi} = -Pr\cos\varphi + H'_A r \sin\varphi - wr^2\varphi\cos\varphi$$

$$\frac{d\phi_2(\varphi)}{d\varphi} = P\cos\varphi + wr(\varphi\cos\varphi + \sin\varphi) - H'_A \sin\varphi$$

$$f_1(k) = \frac{1}{d - \frac{3}{8}kh}, \qquad \frac{df_1(k)}{dk} = \frac{\frac{3}{8}h}{\left(d - \frac{3}{8}kh\right)^2}$$

$$f_2(k) = \frac{u - \frac{3}{8}kh}{d - \frac{3}{8}kh}, \qquad \frac{df_2(k)}{dk} = -\frac{\frac{3}{8}h(d-u)}{\left(d - \frac{3}{8}kh\right)^2}$$

$$\frac{\partial f(k,\varphi)}{\partial\varphi} = (8hk^2 + 12nphk - 12npd)(-Pr\cos\varphi + H'_A r\sin\varphi - wr^2\varphi\cos\varphi)$$
$$+ \left\{3h^2k^3 - 8uhk^2 + 12nph(d-u)k - 12npd(d-u)\right\}\left\{P\cos\varphi + wr(\varphi\cos\varphi + \sin\varphi) - H'_A \sin\varphi\right\}$$

$$\frac{\partial f(k,\varphi)}{\partial k} = (16hk + 12nph)\left\{M_A + M'_A - Pr\sin\varphi + H'_A r(1-\cos\varphi) - wr^2(\varphi\sin\varphi + \cos\varphi - 1)\right\}$$
$$+ \left\{9h^2k^2 - 16uhk + 12\,nph(d-u)\right\}(P\sin\varphi + wr\,\varphi\sin\varphi + H'_A\cos\varphi)$$

2065

圓形管第九號及第十號

$\varphi=0$ ヨリ $\varphi=\pi-\alpha$ 迄

集合荷重ニ對スルモノ

$$M_\varphi=M_A+H_A r(1-\cos\varphi)-Pr\sin\varphi$$

$$N_\varphi=P\sin\varphi+H_A\cos\varphi$$

自重ニ對スルモノ

$$M_\varphi=M'_A+H'_A r(1-\cos\varphi)-wr^2(\varphi\sin\varphi+\cos\varphi-1)$$

$$N_\varphi=wr\varphi\sin\varphi+H'_A\cos\varphi$$

M_A H_A 及 M'_A H'_A ノ値ハ本編第二節及第三節ニアルヲ以テ玆ニ記載ヲ略ス

故ニ同様ニ

$$\phi_1(\varphi)=M=M_A+M'_A+(H_A+H'_A)r(1-\cos\varphi)-Pr\sin\varphi-wr^2(\varphi\sin\varphi+\cos\varphi-1)$$

$$\phi_2(\varphi)=N=P\sin\varphi+wr\varphi\sin\varphi+(H_A+H'_A)\cos\varphi$$

$$\frac{d\phi_1(\varphi)}{d\varphi}=(H_A+H'_A)r\sin\varphi-Pr\cos\varphi-wr^2\varphi\cos\varphi$$

$$\frac{d\phi_2(\varphi)}{d\varphi}=P\cos\varphi+wr(\varphi\cos\varphi+\sin\varphi)-(H_A+H'_A)\sin\varphi$$

$$f_1(k)=\frac{1}{d-\frac{3}{8}kh}, \qquad \frac{df_1(k)}{dk}=\frac{\frac{3}{8}h}{\left(d-\frac{3}{8}kh\right)^2}$$

$$f_2(k)=\frac{u-\frac{3}{8}kh}{d-\frac{3}{8}kh}, \qquad \frac{df_2(k)}{dk}=-\frac{\frac{3}{8}h(d-u)}{\left(d-\frac{3}{8}kh\right)^2}$$

$$\frac{\partial f(k,\varphi)}{\partial\varphi}=(8hk^2+12\,nphk-12\,npd)\left\{(H_A+H'_A)r\sin\varphi-Pr\cos\varphi-wr^2\varphi\cos\varphi\right\}$$

$$+\left\{3h^2k^3-8uhk^2+12nph(d-u)k-12\,npd(d-u)\right\}\left\{P\cos\varphi+wr(\varphi\cos\varphi+\sin\varphi)-(H_A+H'_A)\sin\varphi\right\}$$

$$\frac{\partial f(k,\varphi)}{\partial k}=(16hk+12\,nph)\left\{M_A+M'_A+(H_A+H'_A)r(1-\cos\varphi)-Pr\sin\varphi-wr^2(\varphi\sin\varphi+\cos\varphi-1)\right\}$$

$$+\left\{9h^2k^2-16uhk+12nph(d-u)\right\}\left\{P\sin\varphi+wr\varphi\sin\varphi+(H_A+H'_A)\cos\varphi\right\}$$

$\varphi=\pi-\alpha$ ヨリ $\varphi=\pi$ 迄

集合荷重ニ對スルモノ

$$M_\varphi=M_A+H_Ar(1-\cos\varphi)-Pr\sin\varphi-\frac{Pr}{2\sin\alpha}(\sin\alpha-\sin\varphi)^2$$

$$N_\varphi=\frac{P\sin^2\varphi}{\sin\alpha}+H_A\cos\varphi$$

2067

自重ニ對スルモノ

$$M_\varphi=M'_A+H'_A r(1-\cos\varphi)-wr^2(\varphi\sin\varphi+\cos\varphi-1)-\frac{w\pi r^2}{2\sin\alpha}(\sin\alpha-\sin\varphi)^2$$

$$N_\varphi=wr\varphi\sin\varphi-\frac{w\pi r}{\sin\alpha}(\sin\alpha-\sin\varphi)\sin\varphi+H'_A\cos\varphi$$

故ニ

$$\phi_1(\varphi)=M=M_A+M'_A+(H_A+H'_A)r(1-\cos\varphi)-Pr\sin\varphi-\frac{Pr}{2\sin\alpha}(\sin\alpha-\sin\varphi)^2$$
$$-wr^2(\varphi\sin\varphi+\cos\varphi-1)-\frac{w\pi r^2}{2\sin\alpha}(\sin\alpha-\sin\varphi)^2$$

$$\phi_2(\varphi)=N=\frac{P\sin^2\varphi}{\sin\alpha}+(H_A+H'_A)\cos\varphi+wr\varphi\sin\varphi-\frac{w\pi r}{\sin\alpha}(\sin\alpha-\sin\varphi)\sin\varphi$$

$$\frac{d\phi_1(\varphi)}{d\varphi}=(H_A+H'_A)r\sin\varphi-\frac{Pr\sin\varphi\cos\varphi}{\sin\alpha}-wr^2\varphi\cos\varphi+\frac{w\pi r^2}{\sin\alpha}(\sin\alpha-\sin\varphi)\cos\varphi$$

$$\frac{d\phi_2(\varphi)}{d\varphi}=\frac{2P\sin\varphi\cos\varphi}{\sin\alpha}+wr(\varphi\cos\varphi+\sin\varphi)-\frac{w\pi r}{\sin\alpha}(\sin\alpha\cos\varphi-2\sin\varphi\cos\varphi)-(H_A+H'_A)\sin\varphi$$

$f_1(k)$,　$f_2(k)$,　$\dfrac{df_1(k)}{dk}$ 及 $\dfrac{df_2(k)}{dk}$ ノ値ハ前ト同一ナリ

$$\frac{\partial f(k,\varphi)}{\partial\varphi}=(8hk^2+12nphk-12npd)\left\{(H_A+H'_A)r\sin\varphi-\frac{Pr\sin\varphi\cos\varphi}{\sin\alpha}-wr^2\varphi\cos\varphi+\frac{w\pi r^2}{\sin\alpha}(\sin\alpha-\sin\varphi)\cos\varphi\right\}$$
$$+\left\{3h^2k^3-8uhk^2+12nph(d-u)k-12\,npd(d-u)\right\}$$
$$\times\left\{\frac{2P\sin\varphi\cos\varphi}{\sin\alpha}+wr'\varphi\cos\varphi+\sin\varphi)-\frac{w\pi r}{\sin\alpha}(\sin\alpha\cos\varphi-2\sin\varphi\cos\varphi-(H_A+H'_A)\sin\varphi\right\}$$

$$\frac{\partial f(k,\varphi)}{\partial k}=(16hk+12nph)\Big\{M_A+M'_A+(H_A+H'_A)r(1-\cos\varphi)-Pr\sin\varphi-\frac{Pr}{2\sin\alpha}(\sin\alpha-\sin\varphi)^2$$

$$-wr^2(\varphi\sin\varphi+\cos\varphi-1)-\frac{w\pi r^2}{2\sin\alpha}(\sin\alpha-\sin\varphi)^2\Big\}$$

$$+\Big\{9h^2k^2-16uhk+12nph(d-u)\Big\}\Big\{\frac{P\sin^2\varphi}{\sin\alpha}+wr\varphi\sin\varphi-\frac{w\pi r}{\sin\alpha}(\sin\alpha-\sin\varphi)\sin\varphi+(H_A+H'_A)\cos\varphi\Big\}$$

今以上四種類ノ管ニ對シ管頂及管底ニ於ケル附着應力ヲ計算スルニ當リ該二點ニ對シ夫々$\varphi=0$, $\varphi=\pi$ナル條件ヲ上記函數ノ諸式ニ代用シ又h d u k n p等ノ値ハ本編第一表及第五表ノモノヲ取リ又$\phi_1(\varphi)$ $\phi_2(\varphi)$ノ値ハ之レヲ第二表乃至第四表ヨリ求メテ諸函數ヲ計算シ而シテ(10)及(11)式ニヨリテ附着應力ヲ計算シ前報告書中ノモノト比較スレハ次ノ第七表ノ如シ但シ單位ハ凖テ吋及封度トス

第七表

種類	第五號管 A點	第五號管 B點	第六號管 A點	第六號管 B點	第九號管 A點	第九號管 B點	第十號管 A點	第十號管 B點
$\phi_1(\varphi)$	6,308·1	6,696·9	7,985·6	8,374·4	7,886·3	6,079·0	9,568·4	7,609·9
$\phi_2(\varphi)$	− 14·7	14·7	− 14·7	14·7	− 5·4	5·4	− 13·3	13·3
$d\phi_1(\varphi)/d\varphi$	− 9,606·7	10,821·7	− 12,241·9	13,456·9	− 12,019·2	− 1,201·4	− 14,343·5	− 1,925·3
$d\phi_2(\varphi)/d\varphi$	735·3	− 828·3	937·0	− 1,030·0	735·3	73·5	735·3	98·7
$f_1(k)$	0·9985	0·9987	0·7489	0·7490	0·5815	0·5816	0·5231	0·5232
$f_2(k)$	1	1	0·7446	0·7445	0·7336	0·8662	0·7332	0·8708
$df_1(k)/dk$	0·8487	0·8490	0·4774	0·4776	0·3631	0·4238	0·3306	0·3858

$df_2(k)/dk$	0	0	−0·1628	−0·1629	−0·1663	−0·0974	−0·1686	−0·0992
$\partial f(k,\varphi)/\partial\varphi$	−320·32	377·47	−759·83	868·50	−984·50	−79·07	−1,323·02	−158·04
$\partial f(k,\varphi)/\partial k$	43,830·02	46,511·07	63,348·21	66,356·15	75,307·80	57,679·00	116,796·66	92,642·90
U in lbs.	788·5	888·1	752·4	831·5	458·3	46·4	410·4	55·7
#/□″ 本編	380·2	428·2	362·8	400·9	239·5	24·2	189·7	25·7
#/□″ 二號所載	354·3	399·2	338·4	371·9	223·5	0	177·8	0

第十二　實用的計算式

今實地ニ前記(10)式ヲ使用スルハ甚繁雜ナルニヨリ之レヲ實用上差支ナキ程度ニ於テ簡單ナル形ニ變化スルヲ便ナリトス今第七表ノ數字的計算ノ結果ニ徵スルニ(10)式ノ値ハ主ニ其右邊第一項及第三項ニヨリテ支配サレ第二項ハ之レニ千分ノ五內外ノ影響ヲ與フルニ過キス又第四項ハ其ノ影響極メテ微少ナルニヨリ之レヲ省略シテ可ナリ而シテ數字的計算ニ於テハ第一項及第三項ハ常ニ同一符號ニナリ第二項ハ其符號常ニ第一項及第三項ト相反スルニヨリ實用上安全ノ爲メ之レヲ省略スレハ(10)式ハ次ノ如ク簡單ニナルヘシ

$$U=\frac{1}{r}\left\{f_1(k)\frac{d\Phi_1(\varphi)}{d\varphi}-f_2(k)\frac{d\Phi_2(\varphi)}{d\varphi}\right\}$$

$$=\frac{1}{r}\left\{\frac{1}{d-\frac{3}{8}kh}\,\frac{dM}{d\varphi}-\frac{u-\frac{3}{8}kh}{d-\frac{3}{8}kh}\,\frac{dN}{d\varphi}\right\}$$

即第二項及第四項ヲ省略スルコトハkヲ常數ト見做シタルト結果ニ於テ同一ナリ

直桁ノ場合ニ於テハNハ一般ニ常數ナルニヨリ上式ハ次ノ如クナルヘシ

$$U=\frac{1}{d-\frac{3}{8}kh}\frac{dM}{dx}$$

$$dx=rd\varphi$$

即Nカ常數ナル場合ニハNカナキ場合ノ式ト同一ニナレトモkノ値ハ此二ツノ場合ニ於テ自ラ異ナルモノナリ

第十三　結尾

要スルニ管頂及管底ニ於テ水平力ヲ考量シタル結果管ノ内部諸應力ニ約百分ノ五内外ノ増減ヲ來タシ又變形量ニ於テモ多少ノ變更ヲ生セリ而シテ附着應力ニ關シテハ本編ノ方法ニヨリテ計算スルトキハ約百分ノ七内外ノ増加ヲ來タセリ前報告書ニ於テハ鏬裂ノ主因ヲ鐵筋應力ニ歸シ附着應力カ之レヲ促進セルモノトセシカ本編ニ於テハ其鏬裂ニ及ホス影響ハ兩々相匹敵スルモノト考ヘサルヘカラス即附着應力ノ方面ヨリ考フレハ管底ノ扁平ナルモノト然ラサルモノトニヨリ夫々管頂及管底ニ於ケル附着應力カ安全ナル範圍ヲ超過シ鐵筋ト混凝土トノ附着狀態カ破壞セラレ其瞬間ニ於テ維應力ノ分布狀態カ急ニ變化シ普通ノ平混凝土桁トシテ鏬裂ヲ來タスモノト思考セラル而シテ一段微細ナル鏬裂ヲ來タシタル後ニ於テモ鐵筋カ再ヒ混凝土トノ摩擦及未タ破壞セラレサル内部ノ附着力ニヨリテ抵抗シ此ニ至リ始メテ鐵筋ニ至大ナル張力ヲ發生セシムルモノニシテ此狀態ハ吾人カ鏬裂ヲ發見スル以前即混凝土カ過大ナル伸張ヲナシツヽアル期間ニ於テ既ニ存立スルモノト思考ス即鏬裂カ漸次大トナルニ從テ常ニ鐵筋ノ混凝土ヨリ離剝セル事實ニ徵スルモ附着狀態カ破壞セラレタル結果ナルコトヲ認定シ得ヘシ(完)

2071