

傾斜鐵管線ノ受臺ニ働ク力

(第九卷第二號所載)

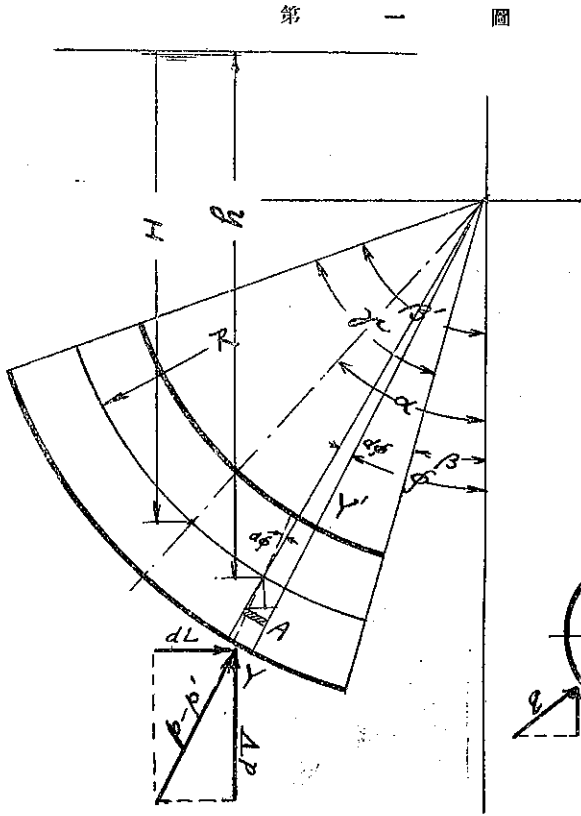
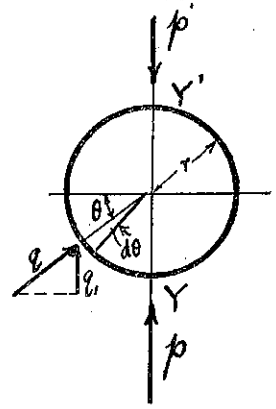
會員 工學士 岡 部 三 郎

本會會誌第九卷第二號ニ記載セル新井氏ノ論文ヲ非常ノ興味ヲ以テ通覽シ其内容ニ就テ聊カ茲ニ評論スルノ機會ヲ得シハ不肖ノ光榮トスルトコロナリ尙ホ同誌記載「水壓管ノ彎曲點ニ働ク外力ニ就テ」ト云フ増谷氏ノ論文モ前者ノ一部ヲ含ムヲ以テ併セテ評スルコトヲ得ルモノナリ

一 傾斜水管内ノ水ノ重量ガ水管臺ニ全部鉛直ニ働クハソノ箇所ニ水弁ヲ有スル場合ニ限ラレ水弁無キ場合ハ水ノ重量ノ水管軸ニ直角ナル分力丈ケナル事ハ疑問ノ餘地ナシ之レニ關シ A. Judin 氏 Die Wasserkräfte ニ略記セルヲ見ルニ Gewicht der Rohrleitung ohne Füllung 云々トシテ水ノ重量ヲ別ニ取扱ヒタルハゴノ事實ヲ認メタルモノト思ハル

二 水管彎曲點ニ於ケル水壓ニ基因スル力ニ關シ A. Judin 氏ノ著書ニハ水管面積ノ不同ニ因ルモノト水壓力ノ合力トヲ合セズシテ只後者ノミヲ記載セルヲ見レバ之モコノ二者ノ同一ナリト云フ事實ヲ認メタルモノト解セラル  
著者ガ本事項ニ關シ算出サレタル結果ヲ見ルニ水位差非常ニ大ニシテ管徑小ナルカ又ハ曲管ノ部ガ水平ニ置カレタル如キ特別ノ場合ニハ適用シ可ナランモ近來多ク例ヲ見ル如キ小落差ニテ管徑大ナル箇所ノ計算ニハ可ナリ大ナル誤差ヲ生ズルモノト思ハル之レ著者ガ簡單ニ  $P_1 \parallel P_2$  ト置カレタルニ依ルモノナルベシ

次ニ曲管ノ内外面ノ不同ニヨリ生ズル彎曲點ノ力ヲ算出セントス茲ニ著者ノ計算ト異ナレルハ曲管内ノ總テノ面ニ働ク水壓強度ハ同一ナラズ各點ノ水位ニ應ジ變化スルモノトシテ算出セルニアリ



第一圖

$q = A$  點ニ於ケル水壓強度

$q_1 = q$  ノ  $Y-Y'$  軸ニ平行ナル分力

$q = w(h + r \sin \theta \cos \phi)$   $A$  点中心線下ノ時

$= w(h - r \sin \theta \cos \phi)$   $A$  点中心線上ノ時

$q_1 = w(h + r \sin \theta \cos \phi) \sin \theta$  下ノ時

$= w(h - r \sin \theta \cos \phi) \sin \theta$  上ノ時

$dA = A$  ノ微分面積

$dA = (R + r \sin \theta) d\phi \cdot r \cdot d\theta$  下ノ時

$= (R - r \sin \theta) d\phi \cdot r \cdot d\theta$  上ノ時

管ノ  $d\phi$  間ニ於テ受ケル壓力

$= p$  下向

$= p'$  上向

$$p = \int_0^\pi w(h + r \sin \theta \cos \phi) \sin \theta (R + r \sin \theta) d\phi \cdot r \cdot d\theta$$

$$p' = \int_0^\pi w(h - r \sin \theta \cos \phi) \sin \theta (R - r \sin \theta) d\phi \cdot r \cdot d\theta$$

然レテ  $h = H + R(\cos \phi - \cos \alpha)$

$d\phi$  間ニ於ケル面積及ビ水壓強度不同ニヨル壓力ノ差

$$(p - p') = \int_0^\pi w \{ H + R(\cos \phi - \cos \alpha) + r \sin \theta \cos \phi \} \{ R + r \sin \theta \} \sin \theta \cdot d\phi \cdot r \cdot d\theta$$

$$-\int_0^\pi w \{ H + R(\cos\phi - \cos\alpha) - r \sin\theta \cos\phi \} \{ R - r \sin\theta \} \sin\theta \, d\phi \cdot r \, d\theta$$

$$= 2wr^2\alpha\phi \int_0^\pi \{ R\cos\phi + H + R(\cos\phi - \cos\alpha)\sin^2\theta \} \, d\theta$$

$$= \pi wr^2(2R\cos\phi + H - R\cos\alpha) \, d\phi$$

$$dL = (p-p') \text{ノ水平分力}$$

$$dV = (p-p') \text{ノ垂直分力}$$

$$dL = \pi wr^2(2R\cos\phi + H - R\cos\alpha)\sin\phi \cdot d\phi$$

$$dV = \pi wr^2(2R\cos\phi + H - R\cos\alpha)\cos\phi \cdot d\phi$$

$$\therefore L = \pi wr^2 \int_\beta^{\beta'} (2R\cos\phi + H - R\cos\alpha)\sin\phi \cdot d\phi$$

$$= \pi wr^2 \left[ R\sin(\beta' + \beta)\sin(\beta' - \beta) + 2(H - R\cos\alpha)\sin\frac{\beta' + \beta}{2}\sin\frac{\beta' - \beta}{2} \right]$$

$$= 2\pi wr^2 H \sin\frac{\gamma}{2} \sin\alpha + \pi wr^2 R \sin 2\alpha \left( \sin\gamma - \sin\frac{\gamma}{2} \right)$$

$$\left( \frac{\beta' + \beta}{2} = \alpha \quad \beta' - \beta = \gamma \quad \gamma > \beta \right)$$

$$V = \pi wr^2 \int_\beta^{\beta'} (2R\cos\phi + H - R\cos\alpha)\cos\phi \cdot d\phi$$

$$= \pi wr^2 \left[ R \cdot \gamma + R\cos(\beta' + \beta)\sin(\beta' - \beta) + 2(H - R\cos\alpha)\cos\frac{\beta' + \beta}{2}\sin\frac{\beta' - \beta}{2} \right]$$

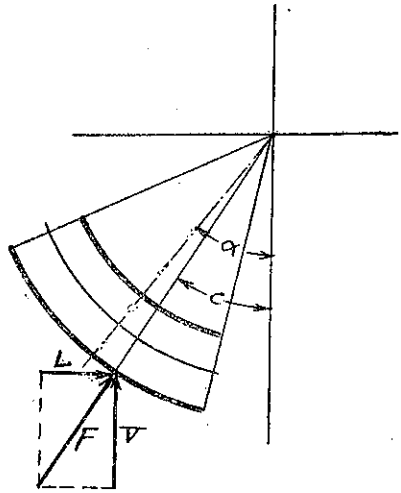
$$= 2\pi wr^2 H \sin\frac{\gamma}{2} \cos\alpha + \pi wr^2 R \{ \gamma + 2\cos^2\alpha \left( \sin\gamma - \sin\frac{\gamma}{2} \right) - \sin\gamma \}$$

$F = L \cdot \tan \alpha$  ノ合力

$c = F$  ガ垂直軸トナス角トスレバ

$$F = \sqrt{L^2 + V^2} \quad \tan c = \frac{L}{V}$$

第二圖



斯クシテ彎曲點ニ於ケル力ヲ知り且ツソノ働ク點ヲ見出ス事ヲ得若シ著者ノ算出セル如ク管内ノ水壓強度同一ナリトスレバRノ式ハ省略サレ

$$\sqrt{L^2 + V^2} = 2\pi w r^2 H \sin \frac{\gamma}{2} \sqrt{\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha} = 2\pi w r^2 H \sin \frac{\gamma}{2}$$

$$\tan c = \frac{L}{V} = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \tan \alpha \quad \text{即チ } c = \alpha \text{ トナル}$$

左ニ實例ヲ掲グ其ノ誤差ヲ求ムベシ

$$w = 62.3 \text{ lbs.}$$

$$H = 90 \text{ ft.}$$

$$R = 30 \text{ ft.}$$

$$r = 5 \text{ ft.}$$

$$\alpha = 45^\circ = \frac{\pi}{4}$$

$$\gamma = 70^\circ = \frac{70\pi}{180} = 1.222$$

$$\begin{aligned} \therefore L &= 2\pi \times 62.3 \times 5^2 \times 90 \times 0.5736 \times 0.7071 + \pi \times 62.3 \times 5^2 \times 30 \times 1 \times (0.9397 - 0.5736) \\ &= 357,270 + 53,750 = 411,020 \text{ lbs.} \end{aligned}$$

$$V = 2\pi \times 62.3 \times 5^2 \times 90 \times 0.5736 \times 0.7071 + \pi \times 62.3 \times 5^2 \times 30 \{ 1.222 + 2 \times 0.7071 \times 0.9397 - 0.5736 \} - 0.9397 \}$$

$$= 357,270 + 95,080 = 452,350 \text{ lbs.}$$

$$\therefore F = \sqrt{V^2 + V_z^2} = \sqrt{411,020^2 + 452,350^2} = 612,000 \text{ lbs.}$$

$$\tan \alpha = \frac{V}{V_z} = \frac{41,102}{45,235} = 0.909 \quad \therefore \alpha = 42^\circ - 12'$$

著者ノ式ニヨリテ

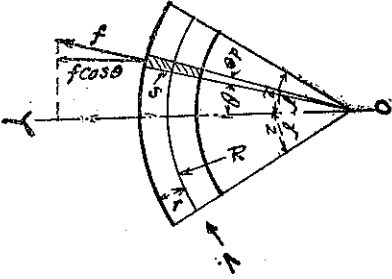
$$F = 2\pi w v^2 H \sin \frac{\gamma}{2} = 2\pi \times 62.3 \times 5^2 \times 90 \times 0.5736 = 505,240 \text{ lbs.}$$

$$\tan \alpha = \tan \alpha \quad \therefore \alpha = 45^\circ$$

斯ノ如ク二割以上ノ誤差ヲ有スル場合アルヲ知ルベシ

三 水管彎曲點ニ於ケル流水ノ衝擊力ニ關シ一言セム

第三圖



$S = d\theta$  間ニ於ケル水ノ質量

$$S = \frac{w \pi r^2}{g} R d\theta.$$

$$V = \text{流速} = \frac{Q}{\pi r^2}$$

遠心力(衝擊ニ相等ス)  $f = s \cdot \frac{V^2}{R} = \frac{w Q^2}{g \pi r^4} d\theta$

$\therefore$  YO 軸ニ平行ナル分力  $f \cos \theta = \frac{w Q^2}{g \pi r^4} \cos \theta d\theta.$

故ニ此ノ總代力  $= 2 \int_0^{\frac{\gamma}{2}} \frac{w Q^2}{g \pi r^4} \cos \theta d\theta = \frac{2w Q^2}{g \pi r^4} \sin \frac{\gamma}{2} = \frac{8w Q^2}{g \pi d^4} \sin \frac{\gamma}{2}$  (2r=d). ナルベシ

クノ水力學ノ卷頭ニ掲ゲラル、モノニシテ之ガ著者ノ新案カノ如ク解セラル、モソノ一般ニ知ラレ居ル事ハ千九百十二年出版ノ A. Perry 氏著 Die Turbinen für Wasserkraftbetrieb 第九頁ヲ參照サルレバ明白ナラン

水管ノ彎曲點ニ働ク水流ノ衝擊ト水壓ガ面積ノ不平均ニ及ホスカトハ或ル關係ヲ有スルモノニシテコノ二者ヲ單ニ加算スル能ハザルベシ何トナレバ同一落差トスルモ管内ニ流水アル場合ハソノ流速頭ダケ管ニ及ホス水壓ハ減少スルガ故ニ結局流水アル場合ハソノ衝擊(遠心力)ニヨリ彎曲點ニ或ル力ヲ與フ代リニ水壓ノ減少ニヨリ或ル力ヲ減スルモノナレバナリ

次ニ之ヲ算出センニ

$V$  = 流 速

$Q$  = 流 量

$d$  = 直 徑

$h_0$  = 流速水頭

$$V = \frac{4Q}{\pi d^2}$$

$$\therefore h_0 = \frac{V^2}{2g} = \frac{8Q^2}{g\pi^2 d^5}$$

然シテ彎曲管内ノ流速同一ト假定スレバコノ流速頭ニヨル水壓ノ減少ノ結果面積ノ不平均ヨリ生ズル力ノ減少ハ

$$\frac{1}{2} \pi \omega d^2 h_0 \sin \gamma = \frac{4\omega Q^2}{g\pi^2 d^5} \sin \gamma$$

之ハ流水衝擊力ノ二分ノ一ニ相等スル故流水ノアル場合ハソノ衝擊力ノ半分ヲ流水無キ場合ニ加算スレバ可ナリ (勿論 Water Hammer 管ノ摩擦其他ノ影響ハ別ニ加算スルヲ要スベシ) (完)