

山陰線餘部高架橋工事概況

傷することあり

一、二組以上の鉸鉸隊を同時に就業せしめざるこゝ

一、鉸鉸表を左の様式により調製すること

年月日	天候	気温	純作業時間	鉸		表		橋脚番	石炭	粉炭	記事
				鉸數	四時送戻風鐵管延長	送戻風轉數	機番				

橋脚鉸鉸は六月上旬に着手し十月中旬に終了せり

版桁鉸鉸は九月下旬に着手し十二月中旬に終了せり

水力用鐵管線路のアンカーブロック計算に就て

工學士 秋 元 繁 松君

水力工事の鐵管布設に於て鐵管線路を保持する所のアンカーブロック(Anchor Block)の設計又は施工の不充分ありしたため鐵管線の移動を來し其爲めに鐵管に故障を起したる例は往々耳にする所なりかるが故に此問題は落差大あるか又は水量大あるにつれて殊に鐵管の屈曲部に及ばず壓力は意外に大なるべきを以て忽諸に附すべからざるは云ふまでもかし然り而して從來此種の問題に關して Reference books 採に論及せられたるもの比較的少く担当技術家も此に對して餘り注意を拂はざる觀あり偶々某技術者より此問題に付き質問を受けたる其序に多少研究せる所あるを以て茲に其一

部分を陳述して當事者の參考に供せんとす

凡そ水力用鐵管線は普通傾斜地盤に沿ひ露出の儘布設せらるゝものにして偶々例外として地中に埋設せらるゝことあり如斯場合は問題外として茲に論及せずとしかく地盤に沿ふて布設せらるゝ以上は常に縦横に屈曲せらるゝも止むを得ざる次第かりと云ふべし而して此のアンカーブロックあるものは主として屈曲ヶ所及直線ヶ所と雖餘り長さの延長する場合には伸縮接合器(Expansion joint)と次の伸縮接合器との中間に設置せられ由て以て鐵管の滑動及び偏倚動を防ぐものなること已に知らるゝ所なり

而して計算方法を述ぶるに先ち鐵管線とアンカーブロックとの間に如何ある種類の力が働くかを少しく研究せんに大凡そ次の如きものならんか

- (1)鐵管傾斜のために起る鐵管の滑動力
- (2)鐵管小支台より起る摩擦力
- (3)鐵管内を流るゝ水の摩擦力
- (4)鐵管内を流るゝ水の屈曲ヶ所に於て起る撃衝力
- (5)鐵管屈曲ヶ所に於ける壓力の不均
- (6)鐵管屈曲ヶ所に於ける壓力の合成力

以上の内に於て(1)(2)(5)及(6)は其影響比較的大あるも(3)及び(4)は比較的小なりとす故を以て場合によりては之等のものは省略せらるゝことあり

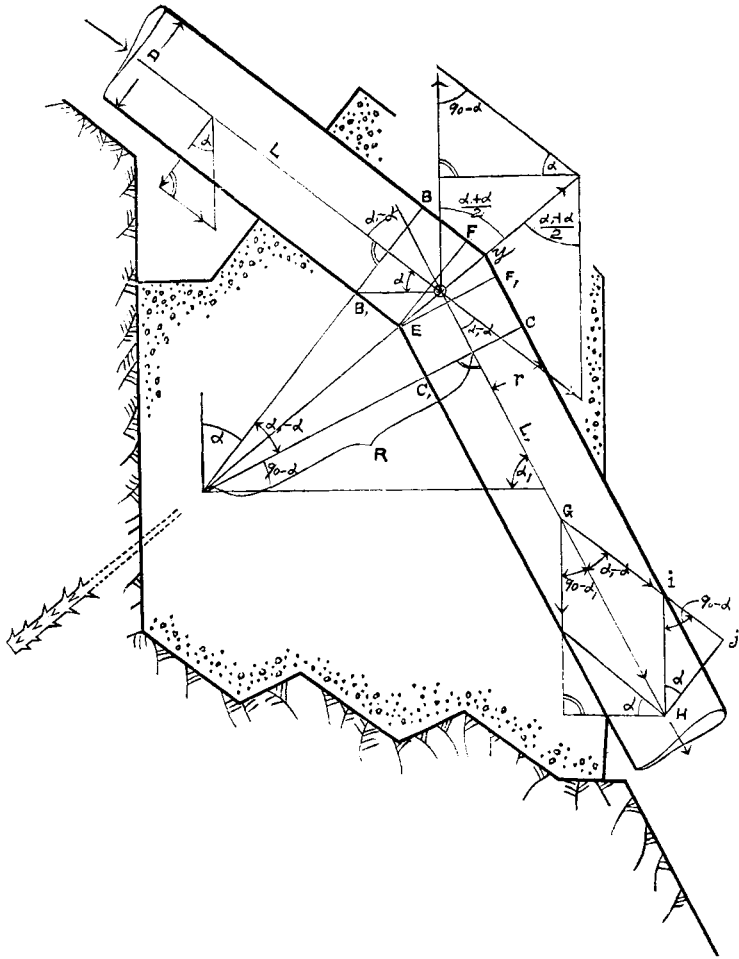
以下順序を追ふて計算方法を論せん

$\alpha$  = 上部鐵管線路と水平とのかず角度(第一圖參照)

(以下凡て鐵管屈曲點より上方を上部と稱し下方を下部と稱す)

論説及報告

圖 第



水力用鐵管線路のアンカーブロック計算に就て

$a_1$  = 下部鐵管線路ど水平とのなす角度

$\rho$  = 鐵管屈曲點より上部鐵管の壹メートル毎の重量(Kg)

$\rho_1$  = " " " " 下部 " " " "

$L$  = 鐵管屈曲點より上部の伸縮接合器までの鐵管の長さ(メートル)

$L_1$  = " " " " 下部 " " " "

$Q$  = 鐵管内の流量(秒立方メートル)

$D$  = 鐵管の直徑(メートル)

$r$  = 鐵管の半徑( " )

$f$  = 鐵管小支台(コンクリート造)と鐵管との摩擦係數

$v$  = 鐵管内流速(度秒メートル)

$K$  = 鐵管屈曲所に於て流水の變衝に關する係數

$O$  = 鐵管内の流水の摩擦係數

$A_1, A_2, A_3$  = 上部鐵管の方向に平行あるアンカーボックンに及す推衝力

$P_1, P_2, P_3$  = アンカーボックンに及ぼす垂直力

$W_1, W_2, W_3$  = " " " " 水平力

尙計算には水の壹立方メートルの重量を1000kgとせり尙又以下述ぶる所の諸種の力の計算に於て正負の區別は次の如く定む即ち $A_1, A_2, A_3$ 等に對しては流水の流るゝ方向を正とし之に反する方向を負ふす $P_1, P_2, P_3$ 等に對しては上方を正とし下方を負ふす次に $W_1, W_2, W_3$ 等に對しては圖面に向て右方を正とし左方を負と定む

(一)鐵管の傾斜より起る諸種の力

論説及報告

水力用鐵管線路のアンカーブロック計算に就て

上部鐵管のみより起る推衝力之を  $A'$  にて示すは次の如し(第一圖参照)

$$A' = -\rho f L \cos \alpha + \rho L \sin \alpha + \frac{64 Q^2}{\pi^2 D^5 C^2} L \cdot \frac{D^2 \pi}{4} \cdot 1000 \dots \dots \dots (1)$$

上式中第一項は鐵管台が鐵管との摩擦によりて鐵管の滑動を防ぐ力なり第二項は鐵管夫れ自身の下方に滑動せんとする力あり第三項は鐵管内流水の摩擦力にして頓て其摩擦力も亦た鐵管を下向せしめんとする力あり併し割合に輕微なるものあり第三項中の  $\frac{64 Q^2}{\pi^2 D^5 C^2} L$  は摩擦に起因する水頭に於て即ち落差の損失を示すものなりとす

尙場合によりアンカーブロックの前後に伸縮接合器あきときは  $L$  は以下述ぶる所の  $L_1$  に對しても全様かり考ふる所のブロックと次のブロックとの距離の二分の一を取り計算すべし

1 式は次の如く書替ふることを得

$$A' = \rho L (\sin \alpha - f \cos \alpha) + \frac{16 Q^2}{\pi^2 D^5 C^2} L_1 \cdot 1000 \dots \dots \dots (2)$$

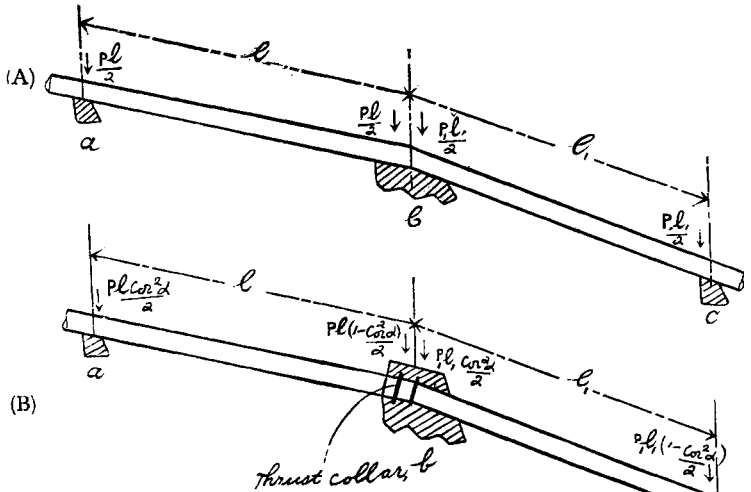
次に屈曲點より以下の鐵管も上部と全様にブロックに働く而して此下部鐵管の推衝力を上部鐵管の中心軸と全方向の分力に分解すれば前段全様に次の如くなる之を  $A''$  にて示す

$$A'' = \left[ \rho L_1 (\sin \alpha - f \cos \alpha) + \frac{16 Q^2}{\pi^2 D^5 C^2} L_1 \cdot 1000 \right] \left[ \cos(\alpha - \alpha) - \sin(\alpha - \alpha) \tan \alpha \right] \dots \dots \dots (3)$$

此式の意味は圖引分解により(第一圖参照考ふれば直に分る即ち今の  $\square$  を下部鐵管の推衝力とせば之を上部鐵管に平行なる力と及び垂直力とに分解せば  $G H i$  の三角分力を得べし即ち  $G i$  は求むる所の力  $A''$  に等しかるべし

(3) 式より次の事柄をも了解し得べし

圖三第



(a)  $u_1=90^\circ, u=0^\circ$  の場合即ち上部鐵管が水平にして下部鐵管が垂直に設置せらるゝときは

$A''=0$  なるべし

(b)  $u_1=0^\circ, u=90^\circ$  の場合即ち上部鐵管が垂直にして下部鐵管が水平あるときは  $A''=0$  なるべし

(c)  $u > u_1$  なるときは(3)式中の第二の

[.....]括弧は次の如くあるべし即ち

$$[\cos(\alpha - u_1) + \sin \alpha - u_1] \tan(90 - \alpha).$$

如斯にして鐵管の重量に起因する推衝力を綜合して次の結果を得べし即ち

$$A = \pm A' \pm A'' \dots \dots \dots (4)$$

普通實際の場合には伸縮接合器がアンカブロックの直ぐ下方に設けらるゝものとす如斯場合には説明を繰り返すまでもなく  $A''$  は零なること明かあり

次に(2)及び(3)式に於て流水の摩擦力を省略するも實際に於ては大差あかるべし(但し餘水路又は放水路等に使用するものにして比較的高速度及流量大あるときは計算中に加ふる必要あることあるべし尙又上式中に  $\rho$  がある

論説及報告

水力用鐵管線路のアンカーブロック計算に就て

係数は鐵管がコンクリート又は石造の小支台上に設置せらる時は平均0.5を採用して可あるべし次に以上求め得たる推衝力を垂直及び水平の二方向の力に分解せんに先づ垂直ある方向のものは(之をP'及びP''にて示す)次の如し

$$P' = \pm A' \sin \alpha \dots\dots\dots (5)$$

$$P'' = \pm A'' \frac{\sin \alpha_1}{\cos(\alpha_1 - \alpha) - \sin \alpha_1 - o \tan \alpha} \dots\dots\dots (6)$$

尙此外アンカーブロックと之れに隣接せる前後の鐵管小支台までの距離を夫々ノ及びムにて示せば此ノ及びムある長さの鐵管の重量に起因する垂直力をも考へざるべからず之をP'''にて示す然り而してP'''は Load distribution の有様を假定する方法如何により一定せず例へば第三圖の(A)の如くアンカーブロックは他の小支台の如く單に鐵管を Restせしむる役目をなす場合とB)の如くアンカーポルト及 Thrust collar 又は二者の孰れかにて固定する場合とによりて大に趣きを異にすべし然り而して實際には必ずアンカーポルト又は Thrust collar を使用するにより(B)の場合を考ふるを以て穩當なるべしと信す

(A)の場合に對しては  $P''' = \frac{P_1'}{2} + \frac{P_1''}{2} \dots\dots\dots (7a)$

(B)の "  $P''' = P_1' \left( \frac{1 - \cos^2 \alpha}{2} \right) + P_1'' \frac{\cos^2 \alpha_1}{2} \dots\dots\dots (7b)$

今少しく(A)及び(B)の場合を一般的に研究せんに先づαの區間のみに付きて論せんにR及がR'が方向不同なりとしてみても點のMomentを考ふるときは次の關係あるべし

第四圖の場合には

$$R \cos(\beta + a) = pl \frac{1}{2} \cos a. \dots\dots\dots (8a)$$

第五圖の場合には

$$R \cos(\beta - a) = pl \frac{1}{2} \cos a. \dots\dots\dots (8b)$$

圖 四 第

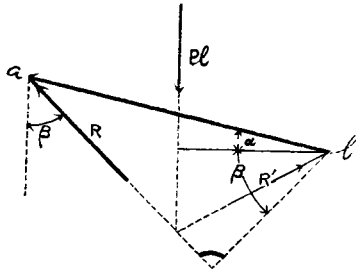
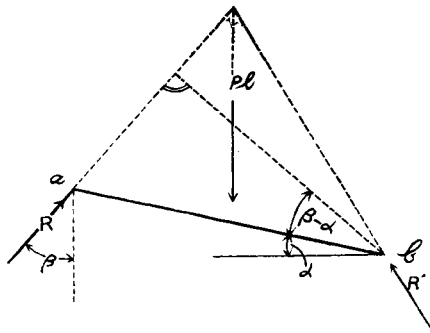


圖 五 第



R 及 R' を見出すに當り  $\beta$  を定むべき條件は一定せるものあし併し實地上に於ては次の二つの場合を假定するを得べし

第一の場合 方程式(8a)の場合を取り a b に平行なる R の分力が  $pl \sin a$  に等しとすれば即ち次の關係あり



水力用鐵管線路のアンカーブロック計算に就て

一八四

圖 六 第

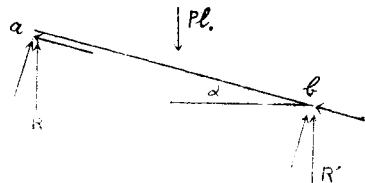
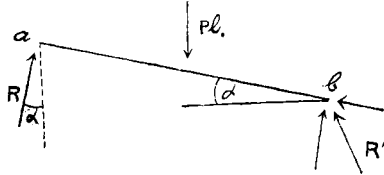


圖 七 第



a b に平行ある R の分力

$$\begin{aligned}
 &= R \sin(\beta + \alpha) \\
 &= \frac{PL}{2} \frac{\cos \alpha}{\cos(\beta + \alpha)} \sin(\beta + \alpha) \\
 &= \frac{1}{2} PL \sin \alpha \quad (\text{假定によつて})
 \end{aligned}$$

$$\therefore \tan \alpha = \tan(\beta + \alpha)$$

$$\therefore \beta = 0.$$

故に R は垂直にして従て R' も亦た垂直あるべし

$$\therefore R = R' = \frac{PL}{2} \dots \dots \dots (9a)$$

第貳の場合 方程式(8)の場合を取り R は a b に垂直にして従て R' の a b に平行ある分力が

$PL \sin \alpha$  に等しとすれば次の関係あり此時は假定により  $\beta = \alpha$  なるを以て

$$R = \frac{PL}{2} \cos \alpha$$

故に垂直力は  $= R \cos \alpha = \frac{PL}{2} \cos^2 \alpha$ .

R' は次の如し

Component of R' along ab =  $PL \sin \alpha$

$$" \quad " \quad \perp ab = \frac{PL}{2} \cos \alpha$$

$$\therefore R' = \sqrt{\left(\frac{PL \cos \alpha}{2}\right)^2 + (PL \sin \alpha)^2}$$

次に Vertical component of R'

(9a)

$$\begin{aligned}
 &= \left( \frac{p'l}{2} \cos \alpha \right) \cos \alpha + (p'l \sin \alpha) \sin \alpha \\
 &= \frac{p'l}{2} \cos^2 \alpha + p'l \sin^2 \alpha \\
 &= p'l - \frac{p'l}{2} \cos^2 \alpha \tag{9}
 \end{aligned}$$

(7<sub>a</sub>)及(7<sub>b</sub>)の二ケの場合に於て孰れが實際の場合に適合するかを比較せんに、 $\alpha \parallel \alpha$ なる特別の場合を想像せんに(7<sub>a</sub>)の場合にありては、 $a$ 點及び $b$ 點が等分に支ふることあるも(7<sub>b</sub>)の場合に於ては、 $a$ 點のReactionは零にして $\alpha$ ある重量は全部 $b$ 點にて支ふることとなる、方程式を一見すれば直に了解し得べし然り而して實際の場合を考ふるに寧ろ後者の方は真に近からんと信す

如斯にして(5)(6)及(7<sub>a</sub>)又は(7<sub>b</sub>)を總合すれば次の如し

$$P = \pm P' \pm P'' + P''' \dots \dots \dots \tag{10}$$

次に水平力を集むれば

$$\begin{aligned}
 W &= \pm A' \cos \alpha \pm A'' \cos \alpha \\
 &= \pm A \cos \alpha \dots \dots \dots \tag{11}
 \end{aligned}$$

(II) 鐵管屈曲ケ所に於ける流水の撃衝力

此撃衝力は動体の方向變換のために起るモーメントムの變化を現はす方程式によりて示さるべし即ち之を $A_1$ にて示せば次の如し

$$A_1 = K \left( \frac{1000 Q V}{g} \right) \left( 1 - \cos^2(\alpha_1 - \alpha) \right) \dots \dots \dots \tag{12}$$

上式に於て $K$ の値は普通0.75を採用す

論説及報告

水力用鐵管線路のアンカーブロック計算に就て

次に垂直及水平の二力に之を分解すれば

$$P_1 = +A \sin \alpha \dots\dots\dots (13)$$

$$W_1 = +A \cos \alpha \dots\dots\dots (14)$$

然り而して已に上述せる如く此撃衝力は通常省略するも差支かき場合あるは上式を一見しても直に了解せらるべし

(III) 水壓力の不均

鐵管屈曲すれば内曲と外曲とに於て球面積の不同あるは明かなり即ち第一圖に於てBCある球面積はB'C'のよりも大あり故に茲に水壓力の不均を起すは自明の理なり従て壓力の合成力は球面積の大なる方に向ひ且つ其方向は屈曲點の中心角の二分の一の方向たることを敢て説明を要せざらん然り而して外曲の球面積は次の如し

$$r \cdot \pi \cdot (R + 0.6366 r) \cdot \frac{a_1 - a_2}{180} \cdot \pi$$

次に内曲の球面積は次の如し

$$r \cdot \pi \cdot (R - 0.6366 r) \cdot \frac{a_1 - a_2}{180} \cdot \pi$$

上式中に於てRは鐵管屈曲ヶ所を半径にして0.6366rは凡て半圓周に於て其重心點と其圓の中心點との距離ありとす

故に水壓の差は次の如くあるべし(之をZ<sub>0</sub>にて示す)

$$Z_0 = 1000 H \frac{r^2 \pi^2 (a_1 - a_2)}{180} \cdot 1.2732$$

而して \$Z\_0\$ なる水壓力と最後に吾人の求めんとする水壓力即ち \$(\frac{\pi}{2} - \theta)\$ 角の等分線と鐵管線の中心軸とがなす平面に平行なる分力との比は \$\frac{\gamma\pi}{27}\$ なること明かなるにより \$Z\_0\$ は次の如く變化せらるべし

$$Z = 1000H \frac{2\gamma^2\pi(a_1 - a)}{180} \cdot 1.2732 \dots \dots \dots (15)$$

而して此 \$Z\$ を例により上部鐵管中心軸の方向に平行ある分力に分解せは次の如し(之を \$A\_2\$ にて示す) 第一圖参照

$$A_2 = \pm \left[ 1000 \frac{2H\gamma^2\pi(a_1 - a)}{180} \cdot 1.2732 \right] \left[ \frac{\sin(a_1 + a)}{2} \right] \dots \dots \dots (16)$$

次に \$Z\$ を垂直及び水平一力に分解せは

$$P_2 = \pm Z \cos\left(\frac{a_1 + a}{2}\right) \dots \dots \dots (17)$$

$$W_2 = \pm A_2 \cos\alpha \dots \dots \dots (18)$$

IV) 水壓力の合成力

第一圖に於ける \$E F F\_1\$ なる楔形をなせる部分を除外して考ふる場合に於て \$E F\$ 面に働く水壓と \$E F\_1\$ 面に働く水壓とは全等ありと做すことを得べし而も \$E F\$ 面に於ける水壓は其方向 \$A O\$ なる方向に働き \$E F\_1\$ に於けるものは \$O B\$ なる方向に働くことも明かあり従て其合成力も \$F E F\_1\$ なる角の二等分線 \$E O\$ の方向に在ることも明なり

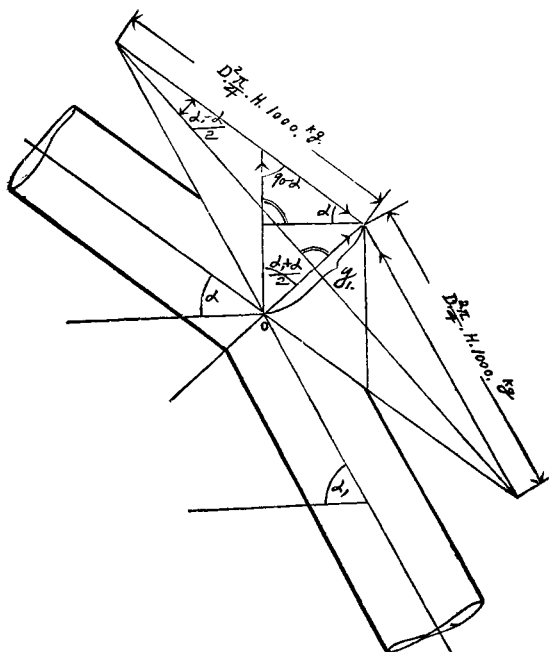
\$O\$ 點に於ける水頭を \$H\$ とせば \$E F\$ 又は \$E F\_1\$ に働く水壓は次の如くあるべし

$$D^2 \frac{\pi}{4} \cdot H \cdot 1000 \gamma_w$$

水力用鐵管線路のアンカーブロック計算に就て  
 從て其等の合成力は(第貳圖參照)次の如し

$$Y_1 = \left[ D_1^2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot H \cdot 1000 \times \sin^2 \left( \frac{\alpha_1 - \alpha}{2} \right) \times 2 \dots \dots \dots (19) \right]$$

圖 二 第



$Y_1$ を垂直及水平及び上部鐵管線の方向の力に分解すれば次の如し

$$A_3 = \pm Y_1 \left( \frac{\sin(\alpha_1 + \alpha)}{2 \cos \alpha} \right) \dots \dots \dots (20)$$

$$P_3 = \pm Y_1 \cos \left( \frac{\alpha_1 + \alpha}{2} \right) \dots \dots \dots (21)$$

$$W_3 = \pm A_3 \cos \alpha \dots \dots \dots (22)$$

方呈式(1)より(22)までの諸式を總合すれば次の結果を得べし

$$\left. \begin{aligned} \sum A &= \pm A + A_1 \pm A_2 \pm A_3 \\ \sum P &= \pm P + P_1 \pm P_2 \pm P_3 \\ \sum W &= \pm W + W_1 \pm W_2 \pm W_3 \end{aligned} \right\} (23)$$

以上の諸式に於て  $\sum A$ ,  $\sum P$ ,  $\sum W$  等の力の大き及方向正負の區別は已に決定せられたるが尙力點(Point of application)に付を一言せざるべから

す即ち  $A$ ,  $W$ ,  $P$  の四種の力はE點に働き第一圖參照  $P$  は鐵管のアンカーブロックによりて支持せ

らるゝ面の中央點に働き次に其他の諸種の力は凡て鐵管中心軸線の交叉點即ちO點に働くこと明かなり

如斯にして力に關する凡ての條件が己に具備せるを以てアンカーブロックの大きさを Analytically 又は Graphically に定むること普通の方法に異ならず VA 即ち上部鐵管の方向に於ける Shear に對してはブロック自身の shearing strength が充分なるや否やを見次に V<sub>2</sub> 即ち垂直力に對しては

Compressive or tensile strength が充分なるや否やを見最後に W 即ち水平力に對してはブロック地盤との間に於ける Sliding に付きて充分あるや否やを見るべし尙以上述べ來りたる外アンカーブロックに對する應力を理論的に研究せんとせば次の二者を度外視することを得ずと信す

1. 鐵管の彎曲に原因する應力

2. 伸縮接合器の原應力 (Initial stress)

然り而して二者共に其影響比較的少く殊に實際の場合にありては前後連續的に相殺せらるゝか又は然らずとするも其差違小にして除外するも敢て差支なかるべしと信す故に茲には之を省略し追て又た研究の結果を報告するの機を待たんと欲す  
因みに本問題に關しては主として次の書籍を參考せり

"Theodor Kolhn Aushau Von Wasserkraften"

拔 萃

電 氣

○ニヴオルト乾電池

最近製造のニヴオルト乾電池は其一個の電力出量普通乾電池の八個