

八幡製鉄 K.K 正員 坂田隆雄
K.K 奥村組 正員 ○山田明男

まえがき

軟弱な埋立地に基礎を築造する場合は一般的に杭基礎が採用されるが、最近ではその耐力の大きいこと、施工の容易なこと等より鋼製杭を使用する傾向が多い。鋼杭の静的な諸試験は常識的なものとなりその試験結果の報告も多い。これに対して鋼杭の動的な諸試験は最近かなり行なわれている様であるが、その報告例は少なく定説がないので、埋立地内で鋼杭の動的試験を行ない、常時周期的外力を受ける酸素圧縮^炭基礎の設計に応用し、基礎完成後振動の測定を行なって推定した振動と照合してみた結果について報告する。

1. 鋼杭の動的試験結果の概要

試験に使用された供試杭は八幡鋼管 K.K 製作の外径 355.6mm^φ、内径 6mm の鋼管杭で、杭先には杓を付け木打設し、杭頭部に 2 軸駆動式の起振器を設置して垂直、水平両方向の強制振動試験を行なった。

結果の概要を述べると垂直振動では、杭を支持層で固定された棒の弾性縦振動として取扱って良いことが分り、減衰力の作用を無視して固有周期を算出してその誤差はわずかであることは差し支えない。従って一次固有周期 T は杭の弾性波速度 a として

$$T = \frac{4 \cdot l}{a} \quad \text{-----} \quad (1) \quad (\text{図-1 の場合})$$

$$T = \frac{2\pi \cdot l}{a \cdot \beta} \quad \text{-----} \quad (2) \quad (\text{図-2 の場合})$$

a は杭の縦弾性係数を E 、単位体積重量を γ 、重力の加速度を g とすれば $a = \sqrt{E/\gamma}$ となる。 β は杭上部の重量を W 、杭の重量を W' とすれば、 $W'/W = \beta \tan \beta$ と与えられるから W'/W が小さい場合は近似的に $\beta = \sqrt{W'/W}$ ($W'/W \ll 1$)。

従って図-2 の場合の一次固有周期は

$$T = \frac{2\pi l}{a \sqrt{W'/W}} \quad \text{-----} \quad (3)$$

と表わされる。 $W'/W = 0.5$ の場合では (3) 式の T に与える誤差は約 7% であり、 W'/W が 0.5 以下の場合は更に誤差が少なくなつて十分実用出来る。

酸素圧縮機は整型で基礎に加わる周期的外力が垂直方向のみであるから、水平振動試験結果については省略する。

2. 酸素圧縮機杭基礎設計の概要

この酸素圧縮機は回転運動を垂直な往復運動に変換するフランク機構 (2 スロー フランク 角 180°) で、回転周期 T は 0.137 秒である。1 段、2 段の往復体質量を m_1 、 m_2 で表わせば、1 段、2 段の垂直合成慣性力 F は近似的に (4) 式の様になる。

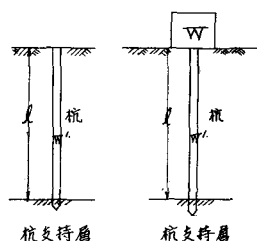


図-1

図-2

$$F = (m_1 - m_2) \gamma \omega^2 \cos \omega t + (m_1 + m_2) \lambda \gamma \omega^2 \cos 2 \omega t \quad \text{----- (4)}$$

γ : フランジ半径, λ : $\frac{r}{L}$ (L は連結棒の長さ)

(4)式で明らかになる、圧縮機の振動数とその2倍の振動数を有する外力が基礎に作用することがわかる。水平方向の慣性力はフランジ角が 180° でフランジピン部分の質量とバランスウェイト質量が1段、2段で等しいから理論的には生じない。

基礎杭は振動試験に使用された鋼杭を用い、杭先には首を付け杭内部にコンクリートを充填した。杭を鋼管とコンクリートで合成された弾性体と考えると、 $E = 3.46 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$, $\delta = 2.65\%$ となって弾性波速度 α は 3580 m/sec と求められる。

基礎重量は、機械のベッドプレート、アンカーボルトの長さ、周囲の基礎との関係から決定され約185tとなり、機械重量25tを加えて全荷重は約200tとなる。杭の許容垂直荷重は理直地で行なわれた多くの載荷試験結果より $355.6 \text{ t} \times 63 \text{ t}$ の場合80%程度である。従って杭の静荷重だけを考えれば杭は3本打てば良い。しかし基礎の垂直固有周期は(3)式より $T = 0.136 \text{ sec}$ となって、(4)式で求められる外力の周期 $T_1 = 0.137 \text{ sec}$, $T_2 = 0.0685 \text{ sec}$ の T_1 の周期と一致し共振の恐れがある。

杭数を増して基礎の固有周期を T_2 より小さくすれば、基礎の振巾も小さくなるが、杭打の間隔からも限度があり不経済である。例えば杭を20本打設した場合でも固有周期 $T = 0.06 \text{ sec}$ で、基礎の振巾は減衰の影響を無視して約35 μ と推定される。従って基礎の固有周期 T が外力の周期 T_1 と T_2 の間になる様に設計し杭を9本打設することに決定した。この場合の基礎の固有周期 T は約0.09秒で、基礎の振巾は減衰の影響を無視して T_1 によるものが約68 μ , T_2 によるものが約25 μ である。実際には減衰の影響があって振巾はさらに小さくなる。

3. 振動測定結果の概要

基礎完成後機械の試運転時に基礎の振動測定を動線輪型振振器とビジュグラフを用いて行った。垂直振動では予想された様に圧縮機の振動数とその2倍の振動数が顕著に認められ、フーリエ解析を行なって夫々の振巾を算出した。その結果は T_1 によるものが約6 μ , T_2 によるものが約10 μ と T_2 による振巾が予想より小さな値を示した。基礎の水平振動振巾は当然のことであるが非常に小さく3~5 μ 程度であった。

営業運転時における振動測定を現在実施中であるのでその結果については講演時に報告する。

あ と が り

以上振動試験、杭基礎の設計例、振動実測例についての概要を記したが、今後さらに実験、実測を行い杭基礎の振動性状について検討を進めて行きたい。

終りにこの等実験や設計の過程で終始御指導をいただいた八幡製鉄K.K.の中村清次長に深く謝意を表します。