

農島建設(株) 正員 野員 陽一

" " 〇三村 長二郎

" " 村山 ハ洲雄

" " 中山 三生

1. まえがき 近年、大口径長大の鋼管杭による斜組杭を用いた橋樑やドルフィンが各地で建設されて  
いるが、杭打ち角度、大きさ、斜組杭の耐震性あるいは水平抵抗性の面で有利なため、施工技術の向上と  
あいまって数多く用いられるようになってきた。しかしながらその動的な検討を行なう場合、振動減  
衰性に関する設計資料がほとんど見受けられない。このような時に、杭打ち角度が $20^\circ$ の斜組杭に  
よるドルフィンの現場振動試験を行なう機会を持ったので、今後この種の問題の参考にするため、減  
衰性状についてまとめた。

2. ムアリング・ドルフィンの構造 振動試験を  
行なったドルフィンは4本斜組杭と6本斜組杭の  
2種類で、各々図-1、2に示したとおりである。

3. 現場振動試験 外航は約200<sup>トン</sup>の貨物を  
積んでドルフィンに衝突させる方法によった。し  
たがって、XおよびY方向に加力した場合とも  
図-3に示すような振動モードを起させるに注  
意した。



図-3

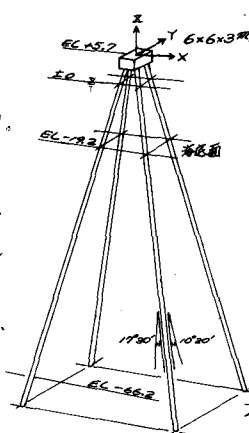


図-1 4本ドルフィン

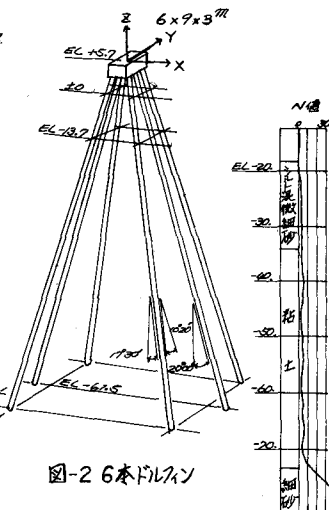


図-2 6本ドルフィン

自由減衰振動の減衰を解析すると、減衰比が一  
定であり、減衰は振動速度に比例する性状を  
示しているのが、臨界減衰に対する比の減衰常  
数で整理した。これは、水の抵抗が振動加速度  
および速度の自乗に比例するとして扱われてい  
ることを考えれば、主として杭と地盤とに関係  
した減衰と考えられる。試験結果は図-4に示  
したように(左αf)の関係があり、また図-6か  
ら( $\alpha/f = 0.06$ )となる。これはその値からして  
構造系の内部減衰というより、地下土壌減衰と  
みなす方が妥当であると考えられる。

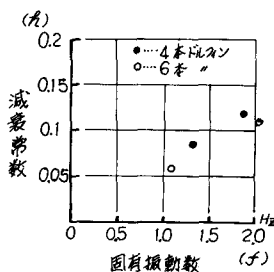


図-4

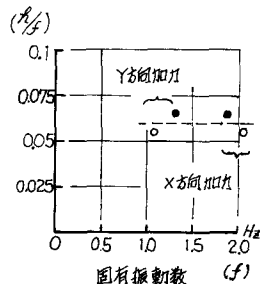


図-5

4. 固有周期の解析 減衰性状が構造系の固有振動数と密接な関係にあることがわかったので、まづ固有振動数を立体フレーム系で解析してみた。その場合、杭と水との相互作用は付加質量として表現し、土との相互作用は分布する弾性支持地盤として扱った。表層地盤の横方向反力係数としては、単純な構造系である単杭について解析すると、図-6に示したような値である。ドルフィンに関する解析結果は図-7に示したとおりであり、このような解析法で実測値を説明しているといえよう。したがって、減衰に関係する固有振動数は地盤の抵抗の変化より、振動次数で表現される斜杭角度の影響の方が大きいと判断される。

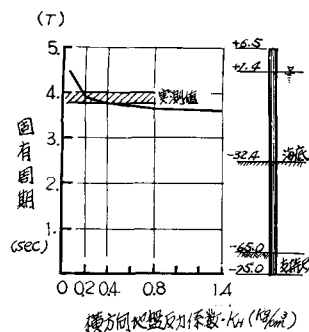


図-6

5. 考察 立体フレーム系の自由振動方程式は周知のごとく、 $[M]\ddot{u} + [C]\dot{u} + [K]u = \{f\}$  である。振動モードに対する減衰の影響は小さいとして無視すれば、モードの直交条件を用いることができ、さらに減衰常数はX, Y方向加力時とも  $\{R\} \div \frac{0.06}{\omega} \{f\}$  となることから、各次の減衰は非連成と考え、振動方程式は一般座標  $\{g\}$  を用いて、 $\ddot{g} + 2\{C\}\dot{g} + \{K\}g = \{f\}$  あるいは、 $\ddot{g} + \{C\}(\delta\dot{g} + \{f\}) = \{f\}$ 、構造系の座標を書けば、 $[M]\ddot{u} + [K](\delta\dot{u} + \{f\}) = \{f\}$ 、係数  $\delta (\div \frac{0.06}{\omega})$  は地下変数の係数とすれば、地盤の応力波伝播速度の関数となり、地盤の特性で決まる定数と考えられる。したがって斜組桁系の減衰の特徴としては、杭角度( $\theta$ )が大きくその軸力が大きい場合  $[K]$  マトリックスの中に含まれる回転マトリックス  $[R]$  の軸力に対応する方向余弦  $(\sin \theta)$  に関係するといえる。

なお、この試験結果は一例にすぎず、ここで用いた  $2\{C\} = \delta(\omega)$  の一次結合の関係に対して、例えば、Caughey<sup>(1)</sup> が  $2\{C\} = \sum_{j=1}^{\infty} \gamma_j \omega_j$  で与えたような高次の結合が必要かどうか、或いは杭の地下変数減衰を波動理論で解析する試み<sup>(2)(3)</sup>の適用性といった問題、今後の課題である。

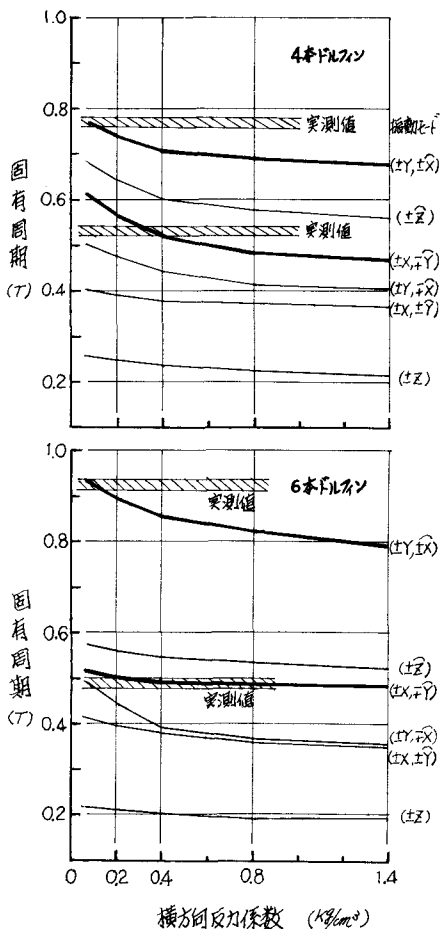


図-7

(参考文献) (1) T.K. Caughey, Classical Normal Modes in Damped Linear Dynamic System, J of App Mech. Sep 1965 (2) 田沼良成, 深基礎を有する構造物の地震応答について P. of J.E.E.S 1966 (3) 白野元寿, 杭基礎の振動減衰性についての波動論的考察, 第23回土木学会講演集 昭・42