

金沢大学工学部
三重県庁
北陸コンクリート(株)

正会員 〇石田 啓
渡辺公徳
松井輝峰

1. まえがき 柱状構造物の波浪応答を取り扱った研究は従来多数提示されているが、その解析手法の多くは、構造物を一自由度系の振動モデルに置きかえたものであり、これは、複雑な構造形態を有する海洋構造物に対しては、必ずしも適切ではない。一方、多自由度モデルによる構造解析手法のひとつとして、Pestel と Leckie¹⁾ などによるトランスフォーマトリックス法があり、この手法を海洋構造物の振動解析に応用しようと試みたものに、Gaizker²⁾の研究があるが、外力である波力が正弦波に限られているという欠点があった。したがって、本研究では、一般的な海洋構造物の振動解析手法を確立するための第一段階として、トランスフォーマトリックス法による柱状構造物の波浪応答解析法を確立し、円柱を用いた実験結果と比較してその妥当性を検討する。

2. 計算方法 図-1はモデル化した鉛直円柱であり、質点は質量のみを、梁は剛性のみを有する。今、質点 i に着目し、その上下のステートベクトル(タワミ、タワミ角、モーメント、せん断力を成分とする複素ベクトル)を $\{z\}_i$ および $\{z\}_{i+1}$ と書くと、両者の関係は、ポイントマトリックス $[P]_i$ を介して、 $\{z\}_{i+1} = [P]_i \{z\}_i$ となり、また質点 i と $i+1$ の間の梁に着目すると、フィールドトランスフォーマトリックス $[F]_i$ を介して、 $\{z\}_{i+1} = [F]_i \{z\}_i$ となる。両式より $\{z\}_{i+1} = [P]_i [F]_i \{z\}_i$ となるが、この操作を順次A質点からB質点まで続行することにより、各質点の変位を算出することができる。ここに $[P]_i$ および $[F]_i$ は、構造力学の知識より得られる複素行列である。次に、外力としては、相対速度を考慮したモリソン公式を使用することが妥当と考えられるが、抗力項から生じる変位速度の2乗項については、若干の検討の結果、ここでは無視し、また氷粒子速度の2乗項は、マトリックス法に適合可能な形にするために、フーリエ級数に展開する方法を用いた。さらに慣性係数および抗力係数の値は、簡単のため、 $C_M=2.0$ 、 $C_D=1.0$ と固定した。

3. 実験装置および方法 実験は、金沢大学工学部土木工学科に設置された長さ11m、幅50cm、深さ64cmの造波水槽を用い、その中央に、長さ60cm、直径 $D=3$ cmのウレタンゴム製円柱を設置した。円柱の振動変位は、非接触型変位計を用い、質点6の位置の変位を検出した。実験時の水深は40cmとし、使用した波の周期は、 $T=0.53$ sec ~ 2.05 sec である。なお、円柱の比重は1.12、ヤング率は $E=483$ kg/cm²である。

4. 結果および考察 図-2は、周期 $T=5$ sec、波高 $H=15$ cmの波を用いた計算例であり、(a)は各位相におけるタワミ曲線、(b)は水面変動、(c)は柱頂部B質点の変位の位相変化である。図より、波の峯側での変位は、谷側での変位よりも大きい。これは、峯側では、波力を受ける範囲が長くなるためである。(c)より、変位の最大値は、 $\tau/T \approx 0$ および 0.5 で生じることがわかるが、これは、抗力による変位が卓越しているためである。

図-3(a)~(d)は、質点6の位置の変位の実験値と計算値との比較である。(a)、(b)および(c)では、両者はほぼ一致しており、この計算手法の妥当性を実証していると言えるが、(d)では両者の相違が著しい。この原因は、さらに検討を要するが、波高の大きい高周波の波であるために、固有振動が誘発され、混入したと考えられる。

図-4は、時間波形勾配 H/T を一定にした場合の、質点6の最大変位の計算結果である。図より、 $T=0.42$ secの波により共振することがわかるが、これは、静水中での円柱の固有振動数の測定値と一致している。また、その3倍周期に対応する付近に小さなピークが見られるが、これは、フーリエ級数に展開した抗力項の第2項に起因すると考えられる。なお、計算方法の詳細はここでは省略したが、この手法を用いることにより、変位速度の非線形効果を考慮すること、あるいは、種々の境界条件を有する複雑な構造物を解析すること、さらに2次元の振動解析を行うことが可能である。

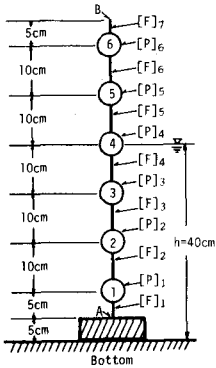
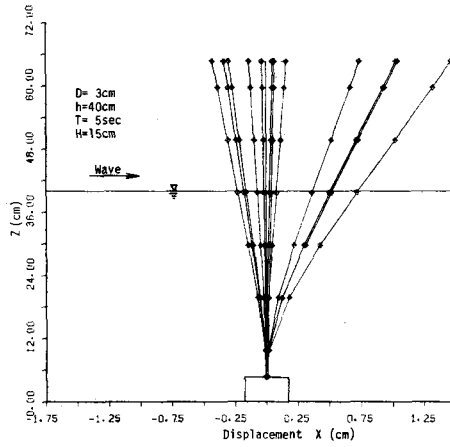
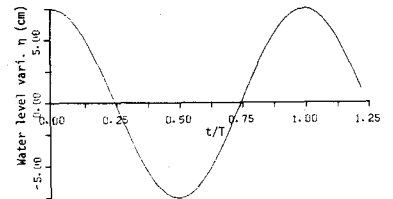


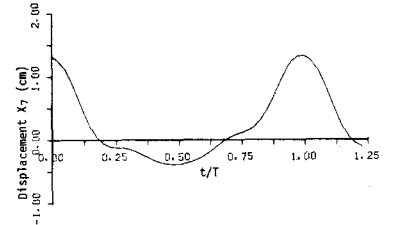
図-1 柱状構造物モデル



(a) タワミ曲線



(b) 水面変動



(c) B点の変位

図-2 マトリックス法による計算例

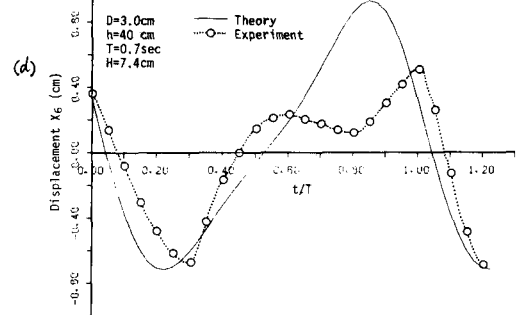
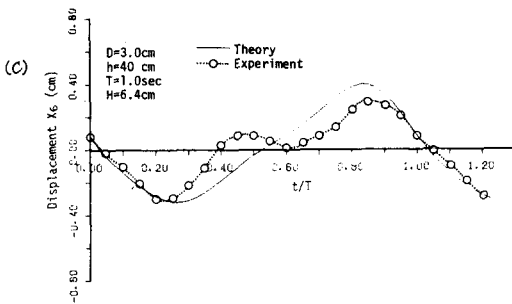
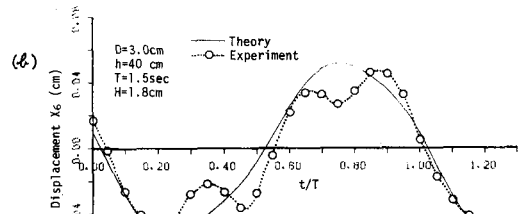
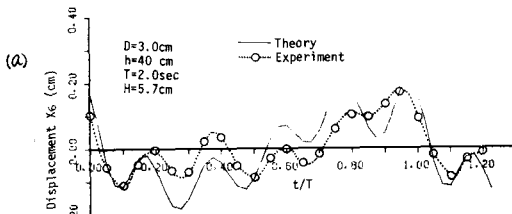


図-3 柱頂部の変位の時間変化

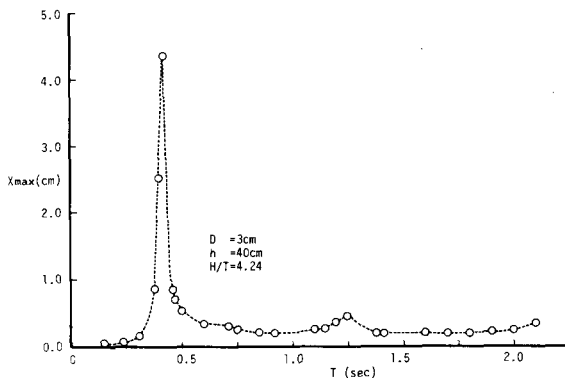


図-4 柱頂部の最大変位

謝辞 本研究の實驗に際し、当時学部学生の中村 茂君(真柄建毅) および西川了君(大成道路)の助力に、厚く謝意を表す。

参考文献

- 1) E.C. Patel and F.H. Leckie : Matrix methods in elastomechanics, McGraw-Hill, pp.1~143, 1963
- 2) W.S. Gaither and D.P. Billington : The Dynamic Response of offshore structures, Coastal Eng., 19453~471,