

円柱に作用する砕波局部波力の計測方法について

大阪大学工学部 正員 榎 木 亨
大阪大学工学部 正員 後野 正雄

1. 砕波局部波力の計測の必要性：円柱構造物に作用する波力において、砕波波力はいわゆるモリソン式で表示されるような抗力・慣性力とはその力学的な発生機構が異なるものと考えられる。先に合田らは水上飛行機の着水問題を応用し、付加質量モデルを用いて円柱に作用する砕波波力の理論解を求めている。すなわち図1(A)に示すような直立した波頂前面が円柱に接した瞬間を $t=0$ とし、水面が円柱の半径 D を通過するまでの時間 t の間に作用する砕波衝撃力 F を $F = \frac{\pi}{2} \rho C D (1 - t/\tau)$ ($0 \leq t \leq \tau$) と与えている。ここに ρ ：水の密度、 C ：波速または水面の進行速度である。しかし実験においては波力センサーの固有振動数が小さいため砕波波力による動的応答が生じ、上記理論の直接的な検証は行なわれていない。合田らが実験に用いたセンサーは25~70 Hz程度の比較的高い固有振動数を有しているにもかかわらずセンサーに動的応答が生じ計測できなかった。という事実は砕波波力が構造物全体の動的応答のみならず各部材あるいは部材断面内にさえ動的応答を生ぜしめることを示唆するものと考えられよう。部材そのものの固有振動数は高く、部材断面内変形に対してはさらに高い固有振動数を有しているからである。図2は振動数の異なる2つの振動系に作用時間が同じでその波形の異なる2種類の衝撃力(図中の点線)を与えその応答を示したものである。すなわち固有振動数の小さな場合には図中(A)(B)の衝撃力波形が異な、てもその応答に差異は生じないが、固有振動数が高い場合には図中(C)(D)に示されるように衝撃力波形の差異によって、その応答も大きく異なっている。このことから部材の砕波波力による応答を算定するためには砕波波力の時間波形を十分に明らかにしておく必要がある。従来砕波波力の研究は構造物全体に作用する全体波力についてはなされているものの、局部波力についてはほとんど行なわれていない。しかし一オ海洋構造物の設計においても各部材間の継手部における疲労破壊が注目されており、このことから部材に動的応答を生ぜしめる砕波局部波力の特性を知ることが急務と考える。このためには砕波波力によって動的応答の生じないような十分に高い固有振動数を有するセンサーが必要になることはいうまでもない。著者らはこのような砕波局部波力センサーを試作し測定を試みたのでここに報告する。

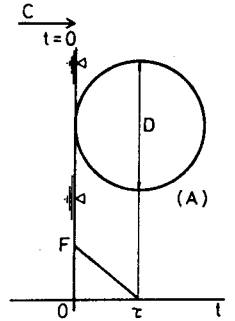


図1 合田の理論

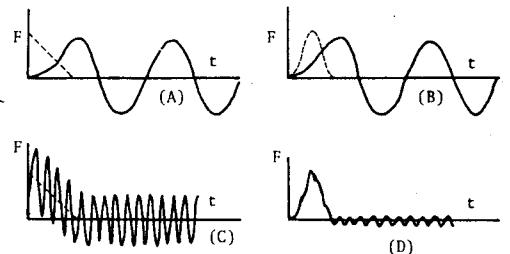


図2 振動系の動的応答の変化

2. センサーの構造：図3は著者らが試作した砕波局部波力計測用のセンサーの概様を示したもの

である。センサーは半円型であり、センサーの設置台と一体化して円柱を形成するようになっている。また前述の理論により半円型センサーでも砕波波力を十分計測することができる。センサーの両端には受感部としてφ5.8mmの孔がありられており、その周囲の肉厚は最も薄い所で0.2mmである。この受感部でセンサーに作用する力を歪に変換し、この歪を測定することにより力を求めることができる。センサーの設置台にはセンサー用の切り込みが4ヶあり、砕波波力の鉛直分布を測定できるようになっている。また歪ゲージ用の出力コードは設置台内部を通して結線されており、円柱に波が作用する際に生じる温度変化の影響を排除できるようになっている。歪ゲージは両端の受感部内側に各1枚ずつ貼着した。これにより波の進行方向と同一方向に作用する力に対しては2枚の歪ゲージは同一方向の歪を示し、波の進行方向と直角方向に作用する力に対しては逆方向の歪を生じる。従ってホイートストーンブリッジを用いて2枚のゲージの和を取ることで波の進行方向の力のみを取り出すことが可能である。センサーは接着剤により設置台に固定し、空隙はシリコンで埋め込み受感部に水が入らないよう密閉してある。このようなセンサーを用いる場合設置台自体が変形したり変位したりすることは測定結果を歪める原因となる。モリソン波力等を計測する場合にセンサーの変形そのものが大きく、設置台自体の変形はあまり問題にされないことが多い。しかし一般に固有振動数が高くセンサーの変形そのものが微小な場合にはこの点も重要な問題となる。したがって実験では造波水槽と独立した構造の固定台を設け、設置台をつり下げる形で固定できるようにし、造波による水槽の振動や波の進行によって生じる水路の変形等の影響は入っていない。またセンサーの設置台も十分剛性が大きく波による設置台の変形も無視してさしつかえない。実験中センサーに生じた歪は最大で10数μstrainのオーダーであり、こうした配慮は不可欠であると思われる。センサーの振動特性を調べるために自由振動実験を行なった結果センサーの固有振動数は1.45kHzであった。自由振動では正弦減衰振動を示し、1自由度の振動方程式でその振動特性を十分に記述しうるものと考えられる。このことから300Hz程度までの変動外力については、外力の最大値の4%以下の誤差で計測が可能である。図4に実験結果の1例を示しておくが、この実験結果の詳細については後日まとめて発表する所存である。

参考文献：合田原中丸畑直柱に働く衝撃砕波力の研究、港湾技術研究所報告 第5巻 第6号 1966

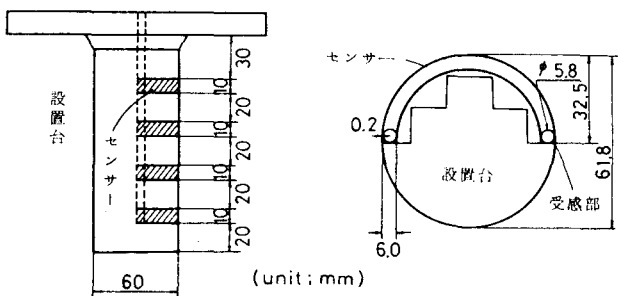
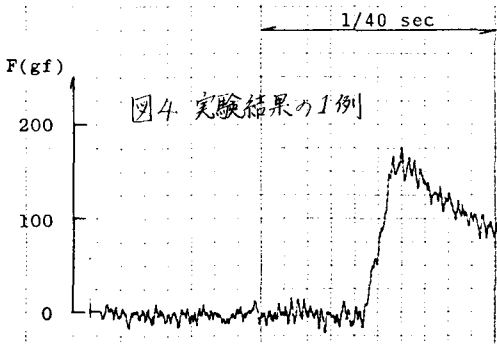


図3 砕波局部波力センサー