

II - 25

開水路流れによる側壁の振動特性に関する基礎実験

日本大学工学部 正 員 藤 田 豊
日本大学工学部 尾 股 定 夫

まえがき

河川の流れはもとより、たとえ定常としても流れは常に水面変動を伴い、内部構造としても各種の大きさの渦から合成されたいわゆる乱流であり、極めて現象は複雑である。これまでに流体力学・水理学の分野において実験室規模の乱流に関する数多くの研究により、いくつかの普遍的法則が得られ確認されているが、流れ変動の複雑さのために難解の部分も残されており、今後の発展が期待される。本研究は、工学的観点から、流れの脈動による変動力によって水理構造物がどのような影響を受けるかを明らかにすることを第一の目的としている。本報告では、手始めとして最も単純な矩形断面水路内の流れを対象とし、流れによって励起された変動力が水路側壁にどのような影響を及ぼすかを調べるため、側壁上に設置された加速度センサーによる振動応答からその特性について実験的に検討する。

1. 実験装置および解析装置

図-1 は室内実験水路の断面および計測システムの概略図である。水路は幅 20 cm、高さ 30 cm、長さ約 12 m のアクリル製の直線水路であり、水路架台上にゴム版を敷き、その上に設置されている。水路勾配は 1/1000 である。流入は、2 台のポンプにより高水槽へ揚水し、流量はバルブによって操作した。

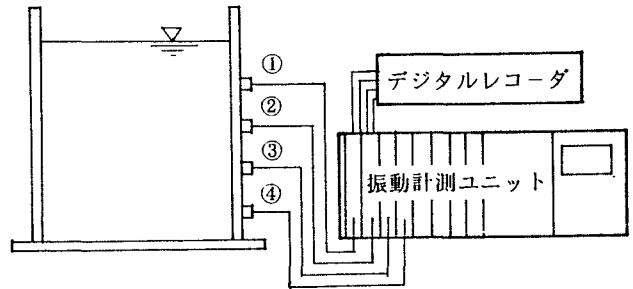


図-1 実験水路横断面図および計測システム

流れによる振動応答は圧電型ピックアップ（リオン製 PV-85）を用い、水路部の始端から 7.2 m 地点（断面 5）の横断面上側壁に接着剤で貼付した。配置は水路床から 18 cm（断面 5-①）、13 cm（断面 5-②）、8 cm（断面 5-③）、18 cm（断面 5-④）である。なお、実験時における不要な高周波振動の混入を防ぐために、水路は流れ方向に 6 個所に分離した形になっており、水路間はそれぞれ 5 mm 厚のゴム版にて接合されている。また、センサー設置部には円形の 5 mm 厚のゴム版が埋め込まれている。振動計はリオン製の多チャンネル振動計測ユニット（UV-01, UV-02）である。記録計としてはソニー製のデジタルレコーダ（8 ch）およびリオン製の 2 ch レベルレコーダを用いた。解析はリオン製の FFT アナライザ（SM-2701）を用い、周波数スペクトル分析、1/3 オクターブ分析を行った。水理条件は平均水深 21.2 cm、流量 18.0 l/s、 $F_r = 0.296$ 、 $R_* = 7.33 \times 10^4$ であった。

2. 結果および検討

図-2 は流水のない状態で測定されたハンマー法による実験水路（約 2.9 m）の固有振動数の解析結果の一例である。上図は断面 6（薄いシール）-①、下図は断面 5-①における振動数で、若干センサー位置と設置部材質による大きさの違

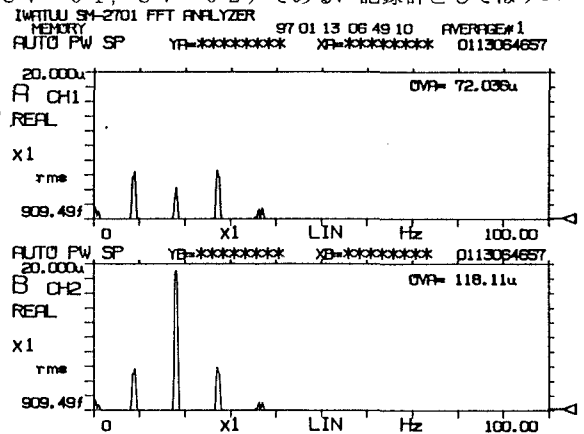
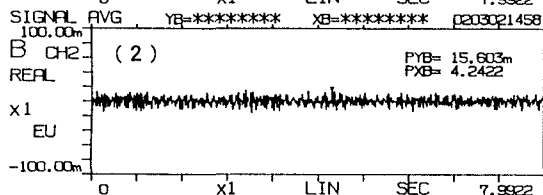
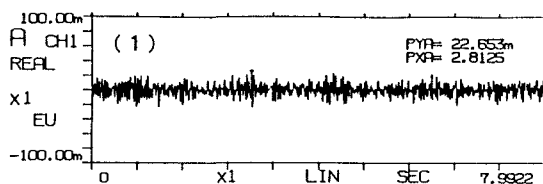


図-2 水路の固有振動数スペクトル

IWATUW SH-2701 FFT ANALYZER
ANALOG IN 97 02 03 02 25 52 AVERAGE#10
SIGNAL AVG YB=***** XB=***** 0203021458



IWATUW SH-2701 FFT ANALYZER 97 02 03 03 02 17 AVERAGE#10
ANALOG IN YB=***** XB=***** 0203030137
SIGNAL AVG

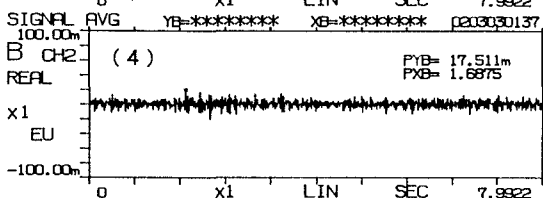
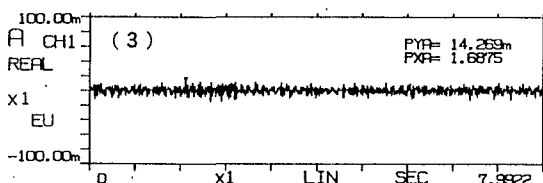
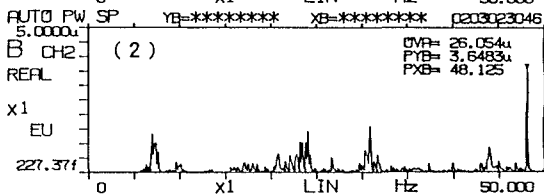
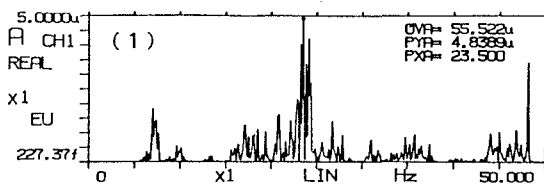


図-3 断面5における側壁の振動波形

IWATUW SH-2701 FFT ANALYZER 97 02 03 02 36 41 AVERAGE#1
MEMORY AUTO PW SP YB=***** XB=***** 0203023046



IWATUW SH-2701 FFT ANALYZER 97 02 03 03 06 39 AVERAGE#1
MEMORY AUTO PW SP YB=***** XB=***** 0203030527

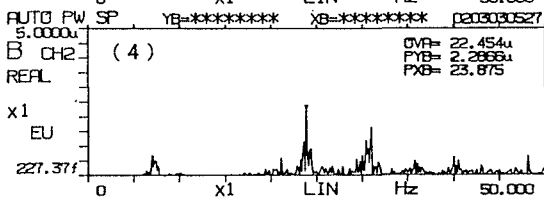
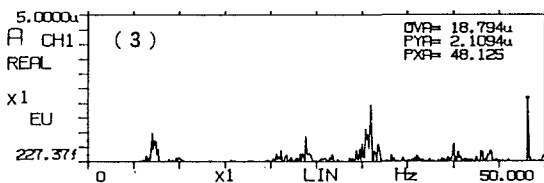


図-4 断面5における周波数スペクトル

いはあるが、水路の固有振動数は9 Hz、18 Hz、27 Hzと二倍、三倍の高調波として得られた。

図-3 (1)～(4)は断面5のセンサー設置箇所①、②、③、④地点における定常流れによって励起された水路側壁における振動の時間軸の生波形（平均化回数は10）である。これより、生波形から水深方向の位置によって振幅の大きさに相違があることが認められる。また相対的に水面に近いほど変動力は大きい傾向にあることが分かる。

図-4 (1)～(4)は図-3に対応したFFTによって解析された周波数スペクトル結果である。振動問題を扱う上で高速回転装置を除けば、一般に各種の構造物や機械類の重要な振動数はごく低く、たいていは50 Hz以下といわれていることから、本報告においても50 Hz以下の周波数分析を行っている。結果より、定常流れによる側壁振動の卓越振動数は小さい方から7 Hz、24 Hz、31 Hz、48 Hzとなっており、とくに24 Hz部分およびその2倍の48 Hz部分に第一、第二ピークがあり、ポンプのモータの回転数と同じであることが分かった。しかしながら前者は連続スペクトルであり、ポンプによって励起された流れの乱れがそのままエネルギー保有され振動応答として現れたものであり、複雑な振動のように思われる。また、水路の固有振動数については実際の流れによる振動解析結果からは明瞭には認められなかった。これは実験開始直後には流れによる加振変動力によって固有振動は発生するが、徐々に減衰していったものと考えられるが、共振現象も見られなかった。今後はこれまでに得られた多くの実験結果をもとに詳細に解析していき、流れによる加振変動力と水路側壁の応答特性を明らかにしていきたいと考えている。