

急激な底面変動により水面に発生する高周波成分に関するスペクトル解析

秋田大学 学生会員 ○渡部勇太
秋田大学 正会員 高橋智幸

1. 研究の背景と目的

現在の津波警報システムは、観測された地震波から地震モデル及び海底変動を予測しているが、津波を過小評価する危険性がある。そこで、津波波源を直接観測し、より確実な津波伝播予測が必要である。断層運動に伴う急激な変化は津波発生と同時に表面波も多く発生させていると予想し、津波波源の識別に有効な指標になると考えた。本研究では、水中振動台を用いて急激な底面変動を起こし、それに伴う水面での表面波を計測しスペクトル解析を行った。

2. 実験及び解析方法

(1) 実験装置

実験装置の構成図を図-1に示す。水槽（13m×13m×2m）の中心にある水中振動台の中心Oから水槽の左右側面の中央A及びBに二つの側線を設け、側線OA上に主要な容量式波高計g1～4と流速計v1～3を設置し、側線OBには補足用及び対称性確認用の波高計g5と流速計v4を設置した。

また、今回実験に用いた水槽の固有振動数 f は、水深が1.5mのとき $f=0.272\text{Hz}$ 、水深が1.3mでは 0.25Hz 、1.0mでは 0.22Hz である。

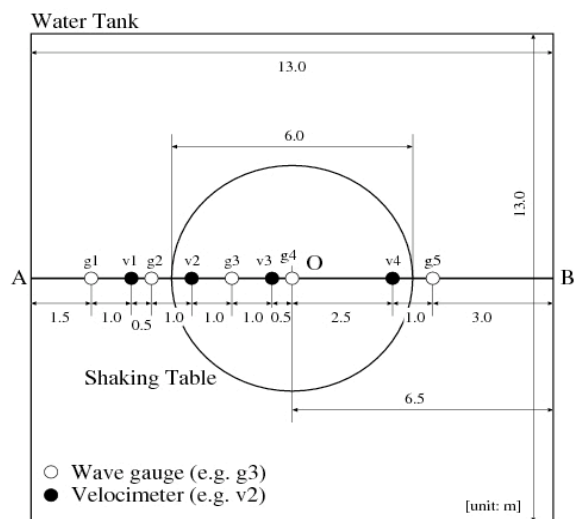


図-1 波高計，流速計構成図

(2) 実験条件

以下の①～③の条件を組み合わせ実験を行う。

① 振動台の鉛直方向における時間関数（表-1）

② 水深：1m，1.3m，1.5mの3種類

③ 水面の状態が静水，または擾乱状態

なお，全ての実験ケースの詳細は渡部ら（2006）を参照されたい。

(3) 解析方法

実験データのサンプリング間隔を0.05秒，解析範囲を512データ（25.6秒）としてスペクトル解析を行った。

表-1 振動台時間関数一覧

	関数名	関数形（Z:振動台変位，t:時間）
非周期関数	[L-1]	$Z=0.5t-0.1(0\leq t\leq 0.36)$
	[L-2]	$Z=0.25t-0.1(0\leq t\leq 0.8)$
	[L-3]	$Z=0.5t-0.1(0\leq t\leq 0.2)$
(Q)	[Q-1]	$Z=0.3t^2-0.1(0\leq t\leq 0.8)$
	[Q-2]	$Z=0.3t^2-0.1(0\leq t\leq 0.56)$
(S)	[S-1]	$Z=0.1\sin(2\pi 20.79t+3\pi/2)(0\leq t\leq 0.56)$
	[S-2]	$Z=0.1\sin(2\pi 20.79t+3\pi/2)(0\leq t\leq 0.3)$
周期関数	[P-1]	$Z=0.019\sin(2\pi \times 2t)(0\leq t\leq 15)$
	[P-2]	$Z=0.034\sin(2\pi \times 1.5t)(0\leq t\leq 16)$
	[P-3]	$Z=0.019\sin(2\pi \times 2t)(0\leq t\leq 22.5)$
	[P-4]	$Z=0.0084\sin(2\pi \times 3t)(0\leq t\leq 15)$
非周期関数+周期関数	[S-2]	$Z=0.1\sin(2\pi 20.79t+3\pi/2)(0\leq t\leq 0.3)$
(SP)	[SP-1]	$Z=-0.044\sin(2\pi \times 1.59t+3\pi/2)+0.045(0.32\leq t\leq 14.2)$

3. 解析結果

(1) 振動台変位の時間関数の影響

図-2のように関数L-3で振動台を稼働させた場合、水槽の固有振動が大きく突出し、高周波成分になるにつれ徐々に弱くなっていく。この傾向は振動台が非周期関数で稼働している場合には全て同様であった。

また関数P-1で稼働させた場合の解析結果を図-3に示す。周期関数の場合は水槽の固有振動数と振動台の稼働した周波数が突出して存在する。他の計測場所でもこのような解析結果を得た。

また、3Hzから10Hzまでの周波数成分は非周期関数及び周期関数ともほとんど同様に弱く現れていた。

(2) 初期表面波の影響

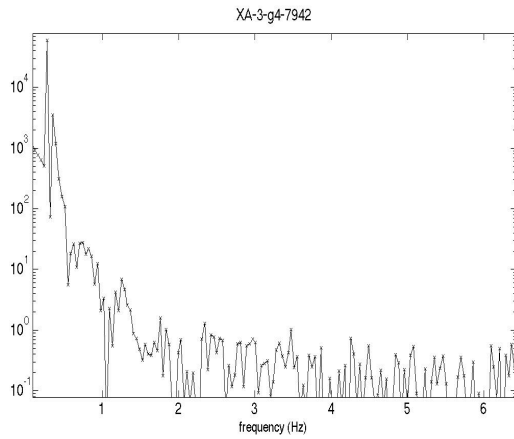


図-2 非周期関数で稼働させた場合の表面波成分

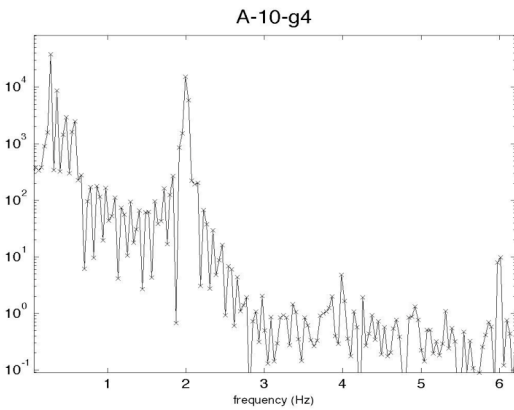


図-3 周期関数で稼働させた場合の表面波成分

水面の擾乱の有無による表面波の発生の相違を調べるため、ある関数で振動台を稼働させた後、別の関数で稼働する実験を行った。例として、一度関数 S-1 を用いて水面を擾乱状態にした後、関数 P-1 で振動台を稼働させたときの解析結果を図-4 に示す。振動台稼働振動数の 1/2 倍振動数が現れるが、これはファラデー共鳴の前兆であるパラメトリック励振と思われる。また、水面が静水状態での場合と比較す

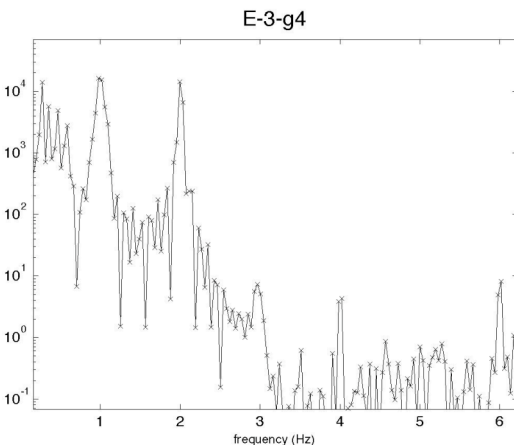


図-4 水面が擾乱状態のとき、
振動台を周期関数で稼働させた場合の表面波成分

ると、振動台の稼働した周波数の 2 倍、3 倍振動数が突出しているように思われる。

(3)水深の影響

振動台が同じ周期関数で稼働する場合、水深が 1.5m, 1.3m, 1.0m での解析結果を比較すると 1.3m と 1.0m にパラメトリック励振が現れていた。例えば振動台が P-1 で稼働した場合、水深が 1.3m と 1.0m の場合に図-4 と同様の結果を得た。しかし、非周期関数の場合は目立った変化はみられなかった。

4. 考察

どの実験ケースにもそれぞれの水深の場合の水槽の固有振動数が大きく突出していた。

非周期関数で振動台を稼働させた場合、稼働した変位を 1/4 周期として表面波が発生するだろうと予想したが、大きな突出のある解析結果は得られなかった。対して周期関数で振動台を稼働させた実験では、どの周波数での実験でも振動台の変位や稼働時間にかかわらず、振動台が稼働した周波数を確認することができた。

また水深を浅くした場合や、水面の状態が擾乱状態での実験の場合、振動台が稼働した周波数の 1/2 倍振動数が他の計測場所でも大きく突出している結果を得た。これはパラメトリック励振と思われる。しかし、2 倍または 3 倍振動数の発生メカニズムについては現時点で不明である。

今後さらに様々な視点から実験の解析を進めていきたいと思う。また、数値計算を行い実験結果の証明を行っていく予定である。

謝辞:本研究は、(独)港湾空港技術研究所から実験について援助を受けました。また(独)情報通信研究機構の児島正一郎氏には終始ご指導いただきました。ここに記して謝意を示します。

<参考文献>

1) 渡部ら：急激な底面変動により発生する表面波に関する水理実験，東北支部技術研究発表会講演概要，pp. 258-259, 2006