

I-179

模型水槽内に生じるスロッシングの制振に関する実験

横浜大林組技術研究所

正会員 ○小出 忠男

正会員 後藤 洋三

1. まえがき

水槽の中に模型の海洋構造物を設置して振動実験を行なう場合には水槽の側壁から発生する反射波の影響を除いてやる必要がある。そのために広い水槽を使ったり、側壁をスロープにして反射波の発生を抑える方法がとられるが、装置が大がかりなものとなる。特に振動台を使った実験を考える場合は、水槽の大きさに制約が生じる。そこで著者等は、水槽の側壁を可撓性のものとし、油圧アクチュエーターによって側壁を強制的に変形させて消波することを試みた。すなわち、側壁の近傍に波高計を設置し、その出力をアクチュエーターのコントロール信号にフィードバックすることによってアクティブに制振しようとするものである。この報告では、水槽を振動台の上に設置し、正弦波と地震波で加振した場合の消波結果を述べる。

2. 実験装置の概要

図-1が装置の概念図である。水槽の側壁は軽量角パイプを積み重ねて作られており、各角パイプの間にはフラットベアリングが入っていて、水平方向にスライドする構造となっている。特にこの装置では、各角パイプに板バネを取り付け、その一方を倒立形のカンティレバーに結合して、このカンティレバーの回転をアクチュエーターで制御するようにした。

図-2はフィードバック回路のブロック図である。補正回路付アンプは波高計出力の位相を消波に最適なように調整する。バンドパスフィルターは信号のドリフトをカットすると共に、発振の原因となる高振動数成分をカットする。 G_1 のループはアクチュエーター制御回路で、今回の実験では変位制御モードとした。

3. 消波効果の予測

図-2において、入力信号に対するアクチュエーターの造波性能を総合した伝達関数を G_1 、消波のためのフィードバック回路の伝達関数を G_2 とし、 G_1 に仮想の信号電圧 A が入力した場合に発生する波高を B とすると次式が成立する。

$$(A - G_2 B) G_1 = B \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$B = \frac{G_1}{1 + G_1 G_2} A \quad \dots\dots\dots (2)$$

一方、消波のためのフィードバック回路 G_2 を切って G_1 に仮想の信号 A を入力した場合に発生する波高を B_0 とすると、次式が成立する。

$$B_0 = G_1 A \quad \dots\dots\dots (3)$$

フィードバックによる消波効果は次式で表わされる。

$$\frac{B}{B_0} = \frac{1}{1 + G_1 G_2} \quad \dots\dots\dots (4)$$

さて、 G_1 を具体的に求めるため、 G_2 を切ってアクチュエーターに正弦波電圧を入力し、波高の共振曲線を求めた。図-3がその結果で、0.8Hzにスロッシング1次の顕著なピークが現われた。したがって、消波はこのピークに注目して行なうこととすると、

$$G_1 = 100 \text{ cm/Volt} \quad \dots\dots\dots (5)$$

を得る。 G_2 は波高計の感度、補正回路付アンプとフィルターの増幅率、前置増巾器のアテネーターによって変化する。アテネーター値 χ のみを変化させるものとする。各計器固有の値から、

$$G_2 = 0.53 \chi \text{ Volt/cm} \quad \dots\dots\dots (6)$$

を得る。(5)、(6)式を(4)式に代入することにより、消波効果として表-1の値が予測された。

4. 実験結果

高次のスロッシングや機械的な共振現象による発振を防ぐため、バンドパスフィルターで10Hz以上のフィードバック信号をカットした。そして振動台に0.8Hzの正弦波を入力し、実際の消波効果を求めた結果を表-1に示す。さらに、振動台に地震波を入力した場合の結果を図-4に示す。

地震波を入力した場合には高次のスロッシングも励起されるため、表-1に示すように消波効果は低下する。しかし、波高計の出力をFFTアナライザーによって分析し、0.8Hzに現われるピークの振幅について消波効果を求めると、予測値に近い値となっていることがわかる。

5. まとめ

水槽側壁の変形を波高計の出力をフィードバックして制御することにより、1次のスロッシング振動についてはアクティブに制振でき、消波可能なことが実証できた。また、消波効果の予測に簡便な(4)式を適用できることを示した。

表-1 消波効果 B/B_0

アッテネータ	1/10	2/10	3/10
予測値	0.158	0.088	0.059
正弦波加振	0.142	0.070	0.044
地震波加振 オーバオール値			0.189
地震波加振 0.8Hz成分			0.083

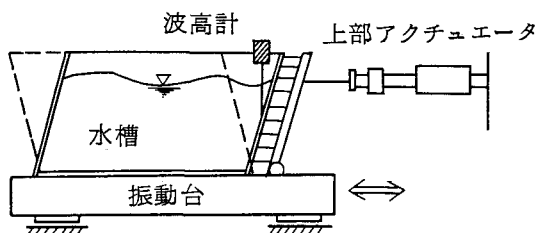


図-1 装置の概念図

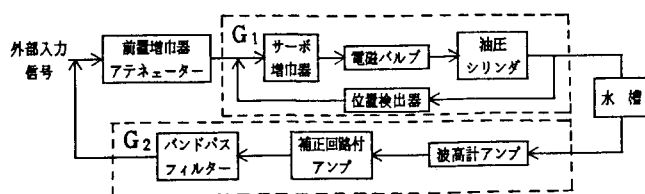


図-2 フィードバック回路

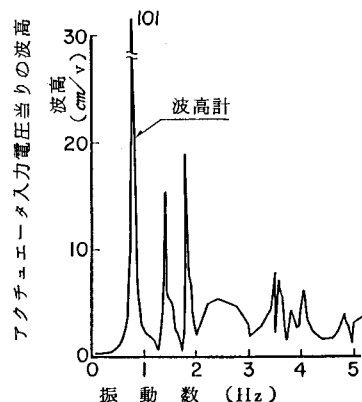


図-3 造波伝達関数 G_1

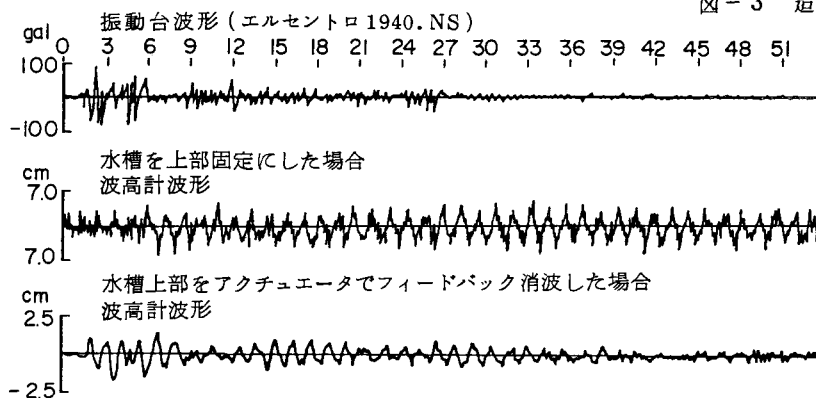


図-4 地震波入力時の波形