

I-B 386

大水深構造物の地震時動水圧と震動減衰

京都大学大学院 学生会員 廣橋 徹
 京都大学工学部 フェロー会員 土岐 憲三
 本州四国連絡橋公団 正会員 新田 篤志

1. はじめに

海峡部や湾口部を横断する長大橋梁の建設が考えられている。このような橋梁の基礎は大水深地点に設けられ、耐震性の確保はもちろんのこと、設計体系や構造形式の合理性・経済性が求められている。

明石海峡大橋などの設計では、基礎を取りまく水の耐震面における影響は動水圧（付加質量）として考慮されている。すなわち、基礎の鉛直方向に動水圧に相当する質量を仮想的に分布させた上で、安全性等の照査が行われる。この際に用いられる動水圧分布の近似式は、水の圧縮性の影響は考慮されておらず、また、本来は並進振動を対象として導かれたものである。しかし、大水深地点においては、動水圧は水の圧縮性によって振動数依存性を示し、それを考慮しない場合よりも大きな値をとることが判明している。また、一般に剛体基礎は動揺振動に対して解析が行われ、その動水圧分布を明らかにしなければならない。さらに、水による構造物の逸散減衰効果は非常に小さいとされ、現行の設計指針でも考慮されていないが、今後の設計の合理化等に向けて検討すべき課題となっている。

これらの点を明らかにするため、本州四国連絡橋公団によって模型を用いた水中振動実験が実施された。本研究は主にこれを検証するための理論解析を行い、実験結果と数値計算結果を比較・検討した。

2. 実験の概要

実験には並進振動、動揺振動のそれぞれに対して、剛体とみなせる半径0.4m、高さ0.7mおよび1.4mの鋼製円柱がモデルとして用いられた。動揺振動のモデルの概要を図-1に示す。並進振動モデルは水平変位に関する、また、動揺振動モデルは回転軸において水平変位に拘束を受けているため回転角のみに関して、いずれも1自由度モデルとなっている。これらのモデルを用い、

表-1 固有振動数および減衰定数

		空 中		水 中	
		固有振動数 (Hz)	減衰定数	固有振動数 (Hz)	減衰定数
モデル2	自由振動	4.08	0.055	2.91	0.049
	強制振動	3.88	0.0361	2.65	0.0377
モデル4	自由振動	1.80	0.0139	1.60	0.0467
	強制振動	1.80	0.00472	1.59	0.0409

気中と水中において、自由振動実験、正弦波入力および地震波入力による強制振動実験が行われた。表-1は実験によって得られた固有振動数、減衰定数である。ここに、モデル2は並進振動モデル（円柱高さ1.4m）、モデル4は動揺振動モデル（同左）である。

3. 理論解析

実験に用いられたモデルの断面は円形であり、動水圧の理論解はポテンシャル理論から導かれる波動方程式を解くことにより既に得られている。この解においては、水の圧縮性ならびに表面波の影響は考慮されているが、今回の実験程度の水深・振動数では前者の影響はほとんど皆無である。

一方、水の粘性による抵抗は、抗力係数、流体の密度、物体の投影面積および速度の2乗の積で表されるものとした。抗力係数については、西岡らの実験¹⁾では次式で与えられるとしている。

$$C_D = 11.7\pi \sqrt{\frac{v}{2\omega A_z^2}} \quad (v: \text{動粘性係数}, A_z: \text{変位振幅})$$

本研究では、上式（タイプAと呼ぶ）ならびに1.2なる一定値を抗力係数として用い解析を行った。

4. 実験結果ならびに数値計算結果

正弦波入力による強制振動実験から得られた模型頂部の水平加速度に関する共振曲線を表したものが図-2（モデル2）、図-3（モデル4）である。それぞれ図中には数値計算により得られた共振曲線もあわせて描かれている。水中における数値計算は動水圧のみ、3で述べた2種類の抗力係数および表面波の影響を考慮した場合の計4ケースについて行った。

モデル2では実験、計算ともに水中の方が空中よりも最大応答値が大きくなっている。また、計算によると水による減衰効果は非常に小さいことが分かる。一方、モデル4については、実験では水中において空中よりも応答が低減されている。さらに、計算によっても水の減衰効果が確かめられ、抗力係数を1.2の一定値と考えた場合あるいは表面波の影響を考慮した場合に、最大応答値に関して実験結果とよい一致を示す。

5. まとめ

今回の実験程度の水深では、抗力係数を一定値として水の粘性による抵抗を考えた場合あるいは表面波の影響を考慮した場合については水の減衰効果を説明することができた。ただし、本来前者は一様流を対象としたものであり、後者は限られた水深・振動数の範囲でしかその影響は生じない。また、構造物が空中において有する減衰の大小によって相対的に水の減衰効果は変化する。すなわち、空中における減衰が大きければ水の減衰効果はあまり期待できないことになる。なお、水の圧縮性による減衰効果は別途検討する必要がある。

参考文献

1) 西岡他:地震時に海洋構造物の円柱体に作用する流体力の実験的研究,土木学会論文集340号,1983

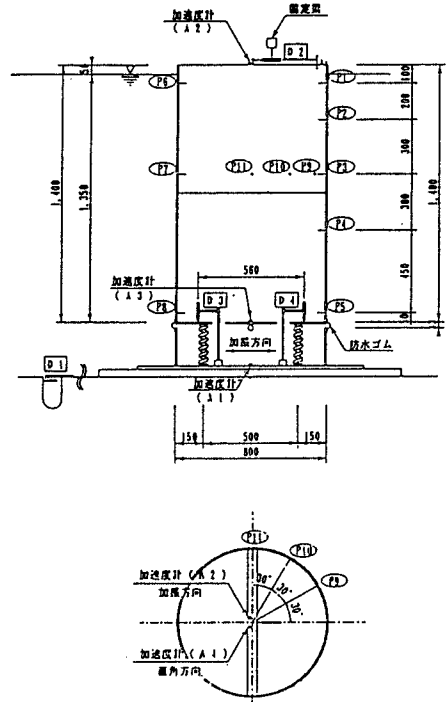


図-1 動揺振動モデル概要図（モデル4）

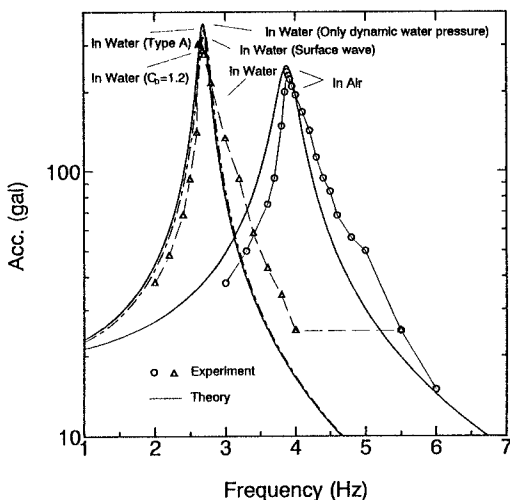


図-2 並進振動モデル共振曲線（モデル2）

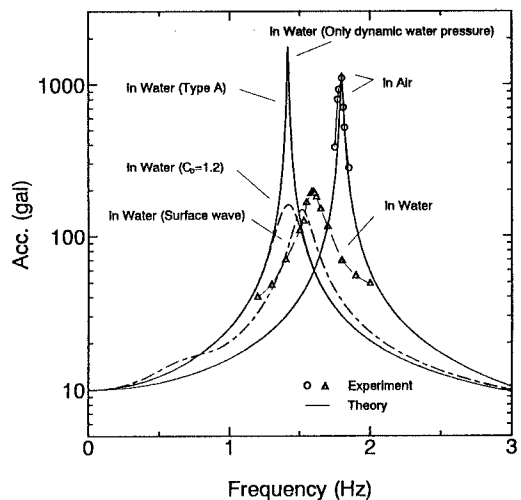


図-3 動揺振動モデル共振曲線（モデル4）