

波による柱体のカオス的振動に関する実験的研究

金沢大学工学部 正 員 石田 啓
日立造船（株） 正 員 高梨 清一

金沢大学工学部 正 員 矢富 盟祥
J R 西日本（株） 桐畑 修一
金沢大学大学院 学生員 浜田 昌明

1 まえがき

浮体構造物や脚柱構造物が波浪を受けて振動する場合、波が規則的であっても、構造物の振動は不規則になることがある。この振動の発生原因の一つとして、浮体の係留索には遊びが生じること、また、脚柱の海底埋め込み部には、洗掘等の原因でガタが生じることが考えられる。このように、入力が規則的であり、応答の系が決定論的であっても、複数の安定状態（アトラクタ）や分岐現象が生じる場合には、出力は不規則性を呈することがある。

本研究は、柱体とバネの間に弛みのある糸で結んだ柱体に対し、規則的な波力が作用する時の振動変位に関する実験を行い、時間変化およびスペクトルの観点から、その振動特性を検討した。

2 実験概要

2.1 実験装置

実験は、両面ガラス張りの二次元造波水槽で行った。この水槽の一端には吸収式造波装置が、他端には消波装置が設置されている。実験時の水深は、45cmに設定した。図-1は実験装置の概要図であるが、水槽底面に鋼製の下部固定台を置き、その上にベアリングを取付けた長さ71.8cm、直径6.2cmのアクリル製円柱を設置した。

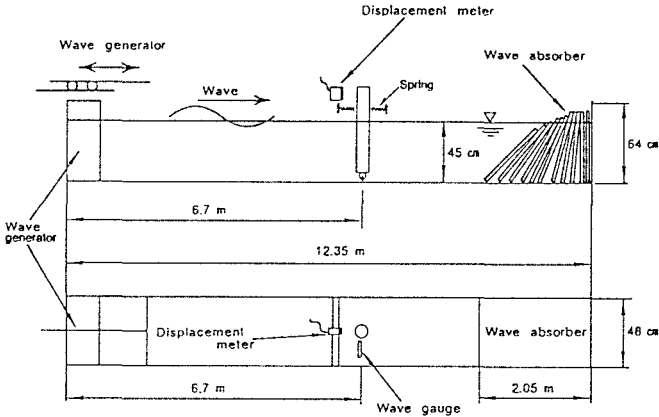


図-1 実験装置概要

ベアリング軸の中心から高さ60.0cmの位置に、水槽の壁面と平行かつ水平に糸とバネを両側に取付け、糸を左右均等に弛ませることによってガタを作った。円柱の振動変位は、レーザー変位計を用いて、円柱の上端から1.0cmの位置で測定した。また、水面変動の測定には、抵抗線式波高計および水位計増幅器を用い、波高計は、円柱と同じ位置に設置した。

2.2 実験方法

実験では、表-1に示すように、2種類のバネ定数とガタ幅の組み合わせに対して、波の波高および周波数をさまざまに変化させ、各TYPEで80ケースの実験を行った。

以後、外力の波高を H_w で、周波数を f で表す。

	バネ定数 (gf/cm)	がた幅 (cm)
TYPE-I	669.46	0.50
TYPE-II	124.81	0.15
TYPE-III	124.81	0.50

表-1 実験条件

3 実験考察

3.1 時間変化およびスペクトルによる考察

図-2(a), (b)は、実験条件 TYPE I で波高が等しく、周波数の異なるものについて、水面変動と円柱の振動変位を比較したものである。周波数は、(a)が1.5Hz、(b)が2.3Hzであり、各図は、上より順に水面変動の時間変化、円柱の振動変位の時間変化、および、スペクトルである。

図-2(a)では円柱の振動変位が周期的であるのに対し、図-2(b)では複雑な振動となっている。

さらに、スペクトル図を比較すると、周波数が1.5Hzのときは、外力である波の周波数と同じところに、1つのピークが現れている。しかし、2.3Hzのときには、ピークがなく、様々な振動成分を持っている。

3.2 位相図およびポアンカレ図による考察

図-3(a), (b)で示されている位相図は、横軸に振動変位 ξ 、縦軸に振動速度 $\dot{\xi}$ をとったものである。図-3(a)は、ほぼ一定の軌道を描き、単純なアトラクタが現れている。一方、図-3(b)では位相図はかなり複雑なものとなっている。

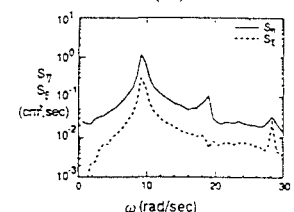
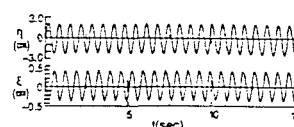
このことから、周波数が1.5Hzでは、運動が周期的であり、2.3Hzでは、カオス振動をしていることがわかる。

図-4(a), (b)は、位相空間を外力の周期ごとに写像したポアンカレ図である。図-4(a)では、写像点は一点に集中しているのに対し、図-4(b)では広く分布し、しかもそれは全体的ではなく、ある範囲内に集まっている。

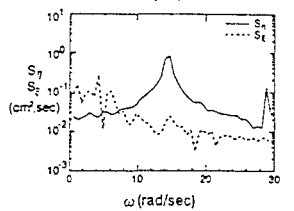
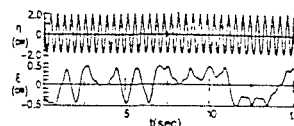
このことから、周波数が1.5Hzでは周期運動、周波数が2.3Hzではカオス振動であったことが確認された。

4 結論

波がガタのある構造物に作用する場合、波の周波数あるいは波高によっては、構造物の振動が複雑なものになることがある。この振動は、時間変化、スペクトル図、相図、ポアンカレ図により、カオス振動であることが認められた。このようにガタを有する柱体では、アトラクタが2つ存在するとともに、系が非線形となり、構造物の固有振動と、外力による強制振動の重なり具合で、2つのアトラクタを中心とする複雑な振動、すなわち、カオスの振動が生じたと言える。

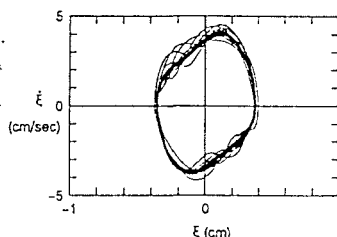


(a) Hw-1, 1.5Hz

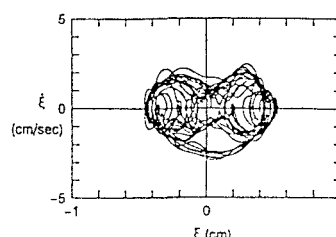


(b) Hw-1, 2.3Hz

図-2 時間変化およびスペクトル図

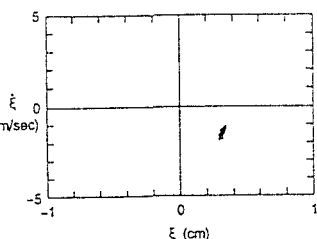


(a) Hw-1 1.5Hz

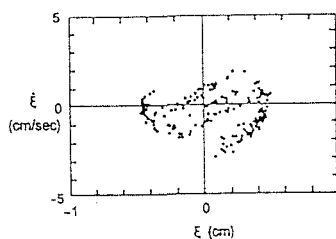


(b) Hw-1 2.3Hz

図-3 振動変位および振動速度の位相図



(a) Hw-1 1.5Hz



(b) Hw-1 2.3Hz

図-4 振動変位および振動速度のポアンカレ図