

一様流中にある柱状部材の動的特性に関する実験

鹿児島大学工学部 学生員 ○岩永秀晃 大宅克幸
 鹿児島大学工学部 正会員 河野健二 愛甲頼和

まえがき

都市空間の建設はいまや、陸上だけでなく地下、海洋、そして、宇宙にまで及ぼうとしている。注目される海洋空間の利用にあたっては構造物を建設する場合、波力、潮流力、風力などのいろいろな要素が絡んでくる。なかでも杭基礎構造物(プラットホーム型海洋構造物)であれば、潮流力は、杭基礎に多大な影響を及ぼすと考えられる。そこで本研究では、円柱構造物モデルを2基用意し、流れ方向と流れに対して45度方向に並べ、モデルの間隔を変化させていくことで互いにどのような動的応答特性が生じるかを明らかにする。

実験モデル

円柱構造物の実験モデルを図1に示す。実験モデルは硬質の塩化ビニル管(一般管(VP) JIS K 6741-1975)を使用する。全長を110cmとし、最下部から $S=25\text{cm}$ の位置で断面を変化させたモデルを3種類、2基ずつ用意する。また、それら変断面モデルに対し一様な断面を有する比較対称モデルを1種類、2基用意する。実験モデルのデッキ上部には付加質量を載荷させ、若干のずれは生じるものの各モデルの振動数の統一を図る。ひずみを測定するために最下部から $S=15\text{cm}$ と $S=40\text{cm}$ の位置に、流れ方向と流れに直交する方向にひずみゲージを計4枚貼付する。また、最上部の加速度を測定するために、流れ方向と流れに直交する方向に加速度計を計2基設置する。以上の実験モデルの詳細を表1に示す。各実験モデルの空中自由振動、及び水中自由振動における固有周期、及び減衰定数は表2に示すとおりである。

実験手順

同一の実験モデルを図2のように並べ、モデルの間隔(e)を変化させていく。流速は、渦による実験モデルの応答がピークを迎えるまで 0.02m/s ごとと上げていく。データは、流速毎に 0.01 秒刻みで25秒間(2501個)計測する。この実験は鹿児島大学の回流水槽(全長 5.0m 、水深 1.0m 、幅 2.0m)を利用して行った。

実験結果と考察

図3と図4は流れ方向にモデルの間隔を変化させたときの径48と径89の最大振幅の推移である。図3では、両部材が最も接近しているとき($e/D=4$)の最大振幅は、最も離れているとき($e/D=15$)の2倍弱の応答が生じている。これは、部材1と部材2に生じた渦振動が互いに影響を及ぼし合い共振したと考えられる。また、両部材が離れていくにつれ応答が相反するように波打っているのがみられる。

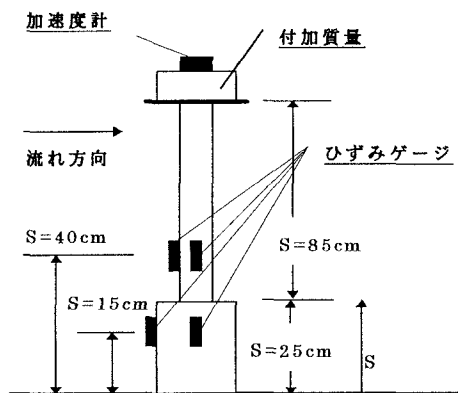


図1 実験モデル

実験モデル		径48	径60	径76	径89
外径 (cm)	上部	48.3			
	下部	60.0 76.1 89.2			

表1 実験モデルの概要

実験モデル	空中自由振動		水中自由振動	
	固有周期(s)	減衰定数	固有周期(s)	減衰定数
径48	0.931	0.016	0.931	0.026
径60	0.787	0.016	0.787	0.024
径76	0.787	0.016	0.853	0.019
径89	0.853	0.016	0.853	0.015

表2 固有周期と減衰定数

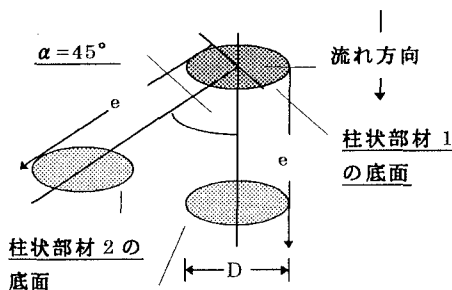


図2 実験モデルの設置

これは、渦振動による両部材の応答に位相差が生じたためであると考えられる。その影響は、最大振幅の変化の幅が部材2が0.5cm程度に対し、部材1は約1.0cm強の幅で変化している。これは部材2に比べ部材1、つまり、後部材に比べ前部材がより渦による影響を受けることがわかる。また、部材間が $e/D=13$ から両部材の応答がほぼ同じ応答を示している。これは、渦による影響が減少したためであると考えられる。その応答は本来モデルが持つ応答特性とも考えられる。図4では、両部材が最も接近しているときの応答は間隔を広くしたときよりも大きい。また、どの間隔においても部材1は部材2に比べ応答が大きい。図5は、流れに対して45度方向に間隔を変化させたときの径48の最大振幅の推移である。部材間 $e/D=13$ 以前の応答は図3と同様に両部材相反する応答が現れている。図3と部材間 $e/D=13$ 以降の応答を比べると、部材1はほぼ同じ応答を示しているのに対し、部材2の応答は1/2に減少している。これは、図3における応答を考慮すると、一概に渦による影響で応答が減少したと考えることはできない。図6と図7は、流れ方向に間隔を変化させたときの各計測点における部材1と部材2の振幅の変化でX軸には換算流速($V_r=V/fD$ (V :流速, f :モデルの固有振動数))をとる。ここで、本実験の条件より得られるレイノルズ数からストローハル数を0.2の一定の値と仮定すると、換算流速が $V/fD=5.0$ のとき渦振動とモデルの振動数が一致する、すなわち、このとき共振が生じると考えられる。図6の部材1は、部材間 $e/D=4$ のとき共振点がずれ、振幅は部材間 $e/D=15$ の時の比べ大きくなっている。これは、明らかに部材1が部材2と互いに影響を及ぼし合ったためであると考えられる。部材間 $e/D=9$ と $e/D=15$ に関しては、換算流速が5のとき共振がみられる。図7の部材2は、渦による影響により3区間ともに換算流速が5のとき最初のピークを迎え、換算流速が6~7のとき2回目のピークを迎えその応答は約2倍である。

あとがき

部材の間隔を狭くすると両部材に生じる渦振動による影響はかなり大きいことがわかった。その影響は両部材の共振点の位置をも変化させることがわかった。

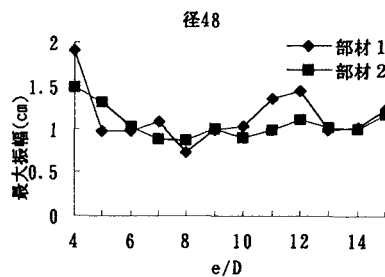


図3 径48における最大振幅

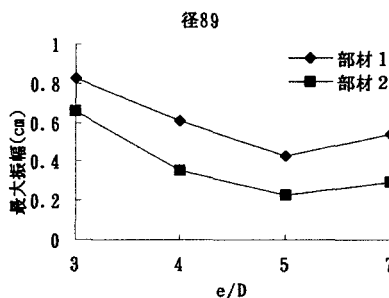


図4 径89における最大振幅

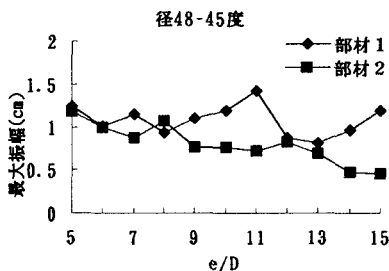


図5 径48-45度における最大振幅

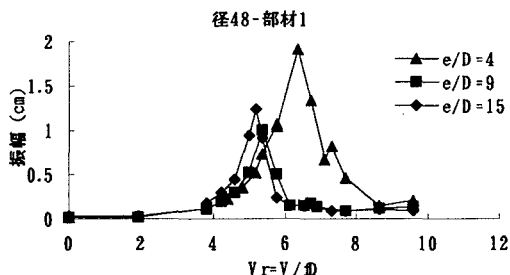


図6 計測点における振幅の変化

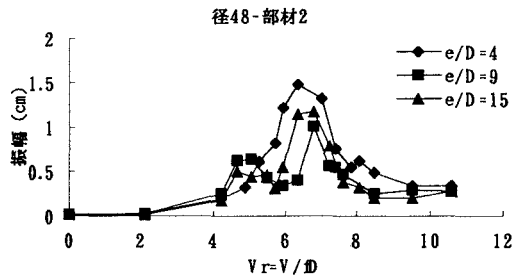


図7 計測点における振幅の変化