

大阪大学 工学部 正員 榎木 亨
同 上 大学院 学生員 中村孝幸
住友金属 正員 〇喜田 浩

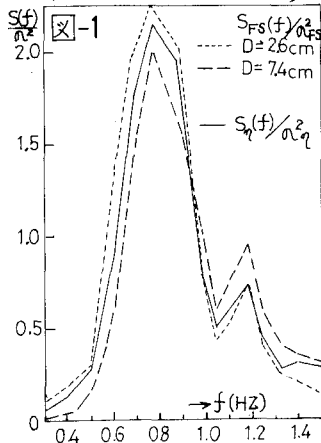
1; まえがき、著者らは、既に規則波を対象にして縦列、並列円柱に作用する波力の干渉効果を検討してきたが、現地に対応する不規則波においてもこれらの結果が妥当であるかを、単円柱及び複数円柱の中の一本来に作用する波力のスペクトルを介して得られる波力干渉効果についての周波数応答関数を中心にして、波の進行方向の力並びにそれに直角方向に作用する揚力の両者について検討を加えたものである。

2. 実験方法; 実験に用いた水槽は、長さ30m、幅75cm、深さ90cmで一端に白色ノイズを入力とする不規則波発生装置、他端に消波工が設けてある。水深は水平床上で35cmに保持し、波力測定に用いた円柱径は、 $D=2.6\text{cm}$ と 7.4cm の2種類である。複数円柱配列には、2本縦列、3本縦列、2本並列の3種を用い、2本縦列については対称性よりその一方に対して、波進行方向力及び揚力をそれぞれ計測した。なお円柱外縁距離 l は、 $1D$ 、 $2D$ の2種類に変えて測定した。本研究では、波力干渉効果を検討するための入力である波のスペクトルは、各ケースについて同一にする必要があり、データレコーダーに記録した信号を各ケースについて繰り返して送波機に与えた。波のスペクトル及び波力スペクトルは、 $\Delta t=1/2.5$ 秒でデジタル化した120秒の記録より等価自由度33でB-T法により算定した。また、平均波高と平均周期を用いた平均K-C数は、 $D=2.6\text{cm}$ で8、 $D=7.4\text{cm}$ で3である。

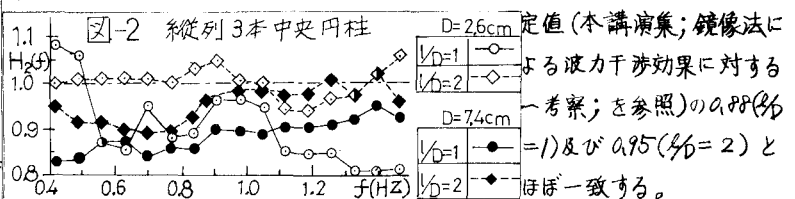
3. 波進行方向力について; 図-1には、 $D=2.6\text{cm}$ 及び 7.4cm についての単円柱に作用する波力のスペクトル $S_{FS}(f)$ 、並びに入力である波のスペクトル $S_q(f)$ をそれぞれの分散 σ^2 で除した形で示してある。 $S_{FS}(f)$ と $S_q(f)$ とを比較すると、 $D=7.4\text{cm}$ では $S_{FS}(f)$ は、高周波側へ移行しており、 $D=2.6\text{cm}$ では低周波側へわずかに移行している。これは、 $D=7.4\text{cm}$ で慣性項が卓越し、 $D=2.6\text{cm}$ で比較的抗力項も卓越していることを示し、このことはBor-gmanが示した波より波力への周波数応答関数を考えることにより充分説明できる。また、複数円柱であるがための波力干渉効果を検討するため単円柱に作用する波力スペクトル $S_{FS}(f)$ を入力として複数円柱の中の一本来に作用する波力のスペクトルを出力 $S_{FW}(f)$ として、その線形応答関数 $H_2(f)$ を(1)式により求める。ここに示す $S_{FS}(f)$ は、 $S_q(f)$ を入力としてBorgmanにより与えられている応答関数 $H_1(f)$ を介し(2)式により求められるが、先に述べたように入力である波のスペクトルは各ケースについてほぼ完全に一致させているため(1)式のみの算定でその干渉効果が算定できる。

$$S_{FW}(f) = |H_2(f)|^2 \cdot S_{FS}(f) \quad \text{---(1)} \quad S_{FS}(f) = |H_1(f)|^2 \cdot S_q(f) \quad \text{---(2)}$$

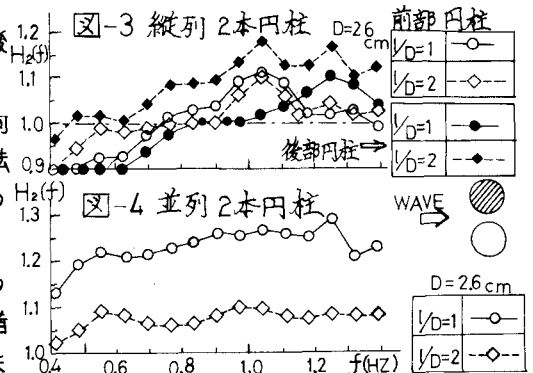
i) 3本縦列中央円柱について; 図-2は、3本縦列中央円柱について(1)式中の $H_2(f)$ を、 l/D をパラメータにして



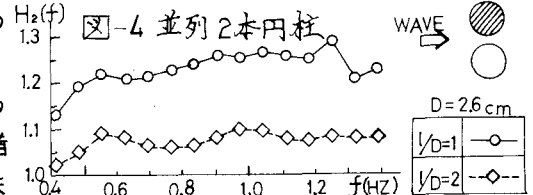
$D=2.6\text{cm}$ 、 7.4cm の両者について示したものである。 $H_2(f)$ は、 $l/D=1, 2$ ともにあまり f にともなう変動はないが、 $D=2.6\text{cm}$ の方が多少変動が大きい。単円柱に比しての波力干渉効果を示す $H_2(f)$ の値は、 $l/D=1$ の場合、 $D=2.6\text{cm}$ 、 7.4cm ともにほぼ0.9であり、 $l/D=2$ の場合 $H_2(f)$ は、 $D=2.6\text{cm}$ で1.0、 $D=7.4\text{cm}$ で0.95であり、これらの値は著者らが求めた鏡像法による理論算



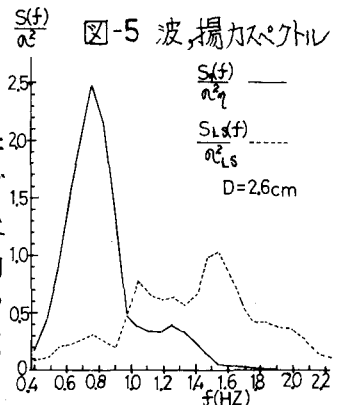
ii) 縦列2本円柱について；図-3には $D=2.6\text{cm}$ で縦列前後円柱に対する $H_2(f)$ の値を示す。前円柱の場合、 L/D による $H_2(f)$ の差異はほぼなく周波数の増大と共に多少増加する傾向は見られるが平均方向に1.0付近の値となっており、鏡像法による値0.97($L/D=2$)及び0.93($L/D=1$)と比較すると $L/D=1$ の場合が大きな値となっている。後部円柱について $H_2(f)$ の値は、 $L/D=2$ の方が $L/D=1$ より大きく鏡像法により得られる傾向とは一致するが、値は理論値に比し0.1程度 L/D の両者について大きい値となっており、前円柱と同様周波数と共に増大する傾向が見られる。なお鏡像法による結果では、スペクトルを算定する場合のように波峰波谷を対象とするときには、前後円柱における波力干渉効果は L/D を一定にすると一致するが、図-3よりわかるように L/D については $H_2(f)$ の値は前後円柱で一致するが、 $L/D=2$ では後部円柱の方が大きい値となっている。



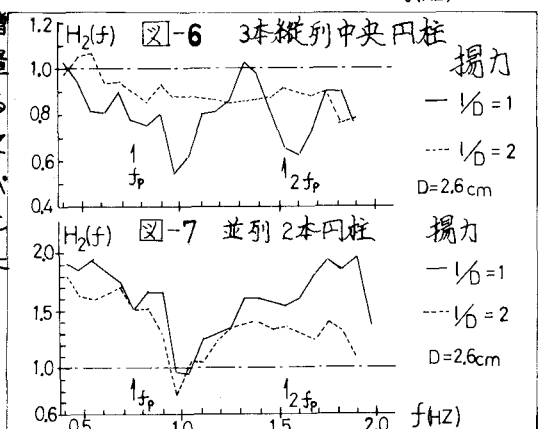
iii) 並列2本円柱について；図-4は、 $D=2.6\text{cm}$ で並列2本円柱の $H_2(f)$ を、 $L/D=1, 2$ の両者について示したもので、 $L/D=1$ のとき $H_2(f) \approx 1.08$ 、 $L/D=2$ のとき $H_2(f) \approx 1.23$ であり鏡像法による1.03、1.07と比し若干大きい、 L/D の減少により $H_2(f)$ の増大する事実は説明できる。なお前述してきた i) ii) iii) の波進行方向力に対する波力干渉効果については、 $D=2.6\text{cm}$ では抗力項が無視できない量となっているため、波力スペクトルをあらかじめ抗力項と慣性項に分離した後、論じる必要があり、検討を加えて講演時に発表したい。



4. 揚力について；図-5には、 $D=2.6\text{cm}$ の単円柱に作用する揚力のスペクトル $S_L(f)$ 並びに入力である波のスペクトル $S_f(f)$ を、それぞれの分散 ω^2 で除した形で示してある。 $D=2.6\text{cm}$ の場合、前述したように平均の $K-C$ 数は8であり、規則波を用いた着者の研究結果によると揚力は波の2倍周波数が卓越している領域であり、図-5で揚力が波のピーク周波数 f_p の2倍の所に最大エネルギーを有することと一致する。 $\frac{S(f)}{\omega^2}$ 図-5 波、揚力スペクトル



直方向力と同様、揚力についても干渉効果を調べるため(1)式の $H_2(f)$ を求めた。
i) 2本、3本縦列円柱について；図-6には、縦列3本中央円柱についての $H_2(f)$ を、 $L/D=1, 2$ の両者について示す。これより中央円柱の揚力は L/D によらず単円柱に比し減少しており、 $L/D=2$ の場合ほぼ0.9と一定なのに対し、 $L/D=1$ の場合ほぼ f_p と $2f_p$ の付近で大きく減少している。この事実は揚力の発生源と考えられる後流渦の発生形態に前後円柱の存在が影響していると推定される。縦列2本前後円柱についても同様に $H_2(f)$ を $L/D=1, 2$ について求めたが、傾向としては、縦列3本の $L/D=1$ とほぼ一致している。ii) 水平列2本円柱について；図-7に $H_2(f)$ を、 $L/D=1, 2$ について示す。これより水平2本円柱では、 L/D によらず $H_2(f)$ は、 f_p と $2f_p$



付近では大きく増大しており、 $L/D=1$ の方が、より大きい増大度を示している。この増大度は鏡像法による揚力の推定量に比しかなり大きく、また周波数領域で大きな変動を有することから後流渦形態に大きな影響が円柱の存在により生じており、この場合、 $H_2(f)$ が増大することから後流渦の非対称パターンが、水平列2本円柱では、単円柱に比し顕著になることが類推される。このように2本水平列円柱では、単円柱に比し直方向も揚力も増大するため注意が必要である。

