

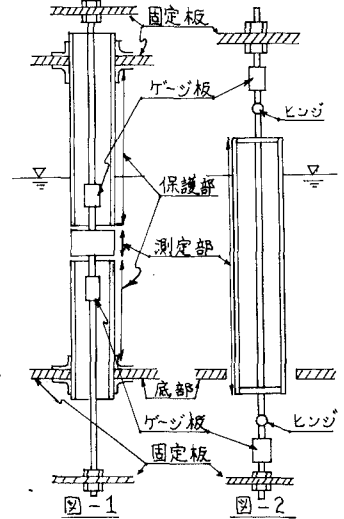
大阪大学工学部 正員 梶本 亨

大阪大学工学部 学生員 〇中村孝幸

大阪大学工学部 学生員 菅田 浩

1. まず、既に著者等は、円柱に作用する波力算定において、Morison波力式に含まれる係数の不確実性を指摘し、規則波、不規則波を用いてその係数の研究を進めてきた。まず、まずでは、特に慣性力の支配的となる場合について取り扱ってきたが、これに随って本報では、抵抗力の支配的、あるいは抵抗力と慣性力と同程度の場合について抵抗力係数 C_D と慣性係数 C_M の物理学的特性を、円柱の全体波力及びその特性の明確となる局部波力の2面から検討してみた。次に、Biddeは、円柱に作用する揚力（波向に直交する力）が従来研究されてきている波向方向力（抵抗力、慣性力）に比して無視できない程度の大きさを示し、その変動周波数も波の周期となることを指摘しているが、過剰に出しが不規則となる $K-C$ 数以上の実際の構造物に対応する領域では未だその特性は不明確であり、この領域で局部、全体揚力を測定してその特性を併せて検討した。

2. 実験装置と実験方法 波力測定用円柱には、外径2.4cm、4.2cmの塩ビパイプを用いた。局部波力測定装置は図-1に示すものを用い、局部波力測定部（長さ5cm）とその上下の保護部分からなり、保護部分に作用する波力が測定部に影響を与えないようにそれを水に直立した系になっている。全体波力測定装置は、図-2に示すもので、2つのヒンジ状の波力測定円柱の上下部に有する変形内端固定梁となっており、上下の片持梁部にほりつけてある垂ヤージを介して波力を上下の2成分に分離して測定できるようになっている。この場合、上下ヒンジ状がそれぞれ役割を果しているかどうかの検討する必要があるが、本実験では、同一水平荷重をその作用点を鉛直方向に変化させ上下の垂ヤージを介してその成分和が同一となるかで検証し、十分な精度で一致することを確認した。次に、これらの装置の測定方向力に直交する力に相当する感度は、局部測定装置で $1/5$ 、全体装置で $1/40$ 程度であり、波向方向力、揚力の測定は十分行なえるものと考えた。波力計のキャリブレーションは局部装置でその部分中心に、全体装置で両ヒンジ状間中心に滑車を介して水中で定荷重錘（局部装置5.3g、全体装置17.6g）を5ヶ、漸増させて行なった。波力計の水中固有振動数は、局部装置で22Hz、全体装置で25Hzであり、同振数の比較的高い揚力測定も十分行なえると推定した。局部波力測定は、波向方向力、抵抗力ともに静水面より約 -0.5 cmと $+0.9 \sim +8.9$ cmに節分円柱が位置する2ヶ所で測定した。波高測定は、円柱横と押側2ヶ所で行った。水深は、5cmに保持し、作用せしめる波条件は、周期1.09秒より0.1秒毎に1.5秒までの7種類、波高は5cm $\sim$ 10cmまでの3種類である。



3. 実験結果とその考察 波向方向の力（抵抗力、慣性力）については、微小振動理論を仮定し、モリソンの波力式から C_D 、 C_M を(1式)、(2式)により局部、全体円柱について算定した。ここで、 F_{oe} 、 F_{ie} は、それぞれ実験波力記録

$$C_D = 2F_{oe} / (p D \int_{-z_1}^{z_2} u^2 dz) \quad (1) \quad C_M = 4F_{ie} / (p \pi D^2 \int_{-z_1}^{z_2} \frac{du}{dt} dz) \quad (2)$$

よりそれぞれ算定し、各と静水面位相を読み取って実験抵抗力、慣性力である。全体円柱について波力積分範囲 $z_1 \sim z_2$ は、底部より変動水面長 z_1 と z_2 とした。次に、 $K-C$ 数、 $Reynolds$ 数を算定するための水粒子水平速度 u には局部波力、全体波力共に、波力測定長さにわたっての u のr.m.s.値を用いた。慣性係数 C_M については、 $K-C$ 数、周期 T をパラメータにした Re 数プロットをしたが、いくつかの場合に於いても Re 、 $K-C$ 数に関係なく0.2程度の変動中を有するがほぼ一定とみなされる。しかしこれらの値はパイプ径、節分円柱位置によって異なり、径2.4cmの円柱では

全体内径で $Ch \approx 2.6$, 部分内径下部位置で $Ch \approx 3.3$, 上部位置で $Ch \approx 2.7$, 径4.2の全体内径で $Ch \approx 2.2$ という値を示す。この径の相異による Ch の値の異なりは原因は不明で、波の乱れを示す $K-C$ 数に関係なく一定と作るため、これは波の掃き出し等が特に波の峰、谷の位相で生じるためと推定されるが、他のパラメーター、例えばバイル径と水深等の比によって Ch は変動するのではないだろうか。

抵抗力係数 C_D についても、 $K-C$ 数、 Re 数プロットを行なった。 Re 数は $2 \times 10^4 \sim 9 \times 10^4$ の範囲であり、この領域の一般流れでの C_D は1.0付近であるが、 $D=4.2m$ の全体内径の C_D 値以外はかなりバラツキがある。これを $K-C$ 数プロットしたのが図3であり、Keulegan 等により指摘された $K-C$ 数が15付近までは $K-C$ 数の増大と共に C_D も増大する傾向が局部内径、全体内径の両方に見られ、 $K-C$ 数が15付近までの後流域乱れの小さな領域では一般流れ中の C_D 値への近傍になっている。このことは、波の掃き出しと密接に関連している揚力と波向方向力の比を示した図5で $K-C$ 数が15付近までは、その比が小さく、抵抗力も乱れの影響を受けない事が推定される。 C_D 値の鉛直特性は、本実験によれば見られず、 $K-C$ 数による変動のみであるが、全体内径の C_D 値と比較すると局部抵抗力より算定した値の大きくなっていく。

これは局部抵抗力測定を半水深以上の位置で行なっているため、波の掃き出し等の影響を大きく受けやすいことによると思われる。揚力については、Bedde により波の掃き出しと密接に関連していることが指摘されており、水面の $K-C$ 数が5以上の場合にはかなり不規則な状況を示してくる。本研究では水面 $K-C$ 数が5以上となっており、揚力記録は不規則な変動となっているため、zero-up-Cross法により、100%極大揚力を波峰、谷の位相に出現する方向のみについて読みとった。最大揚力と1/10有義極大揚力についての式によって揚力係数 C_L を求め、その内 C_{Lmax} を $K-C$ 数に対して図4に示した。これによれば、 $K-C$ 数の増大と共に C_{Lmax} も増大しており、 $K-C$ 数が10付近で極値をもっている。鉛直特性としては、 $K-C$ 数10の領域では、水面付近の方が大きくなっていく。これらの値は、平均極大揚力について求めた Chang の C_L と比較するとかなり大きな値となっているが、 $K-C$ 数の増大と共に増大する傾向は一致している。つぎに揚力の大きさを波向方向力と比較するため、最大揚力、1/10有義極大揚力と平均極大波向方向力（波向方向力はかなり規則的であるため）の比 F_L/F_p を求め、 F_{Lmax}/F_p について図5に示した。この比は、 $K-C$ 数と共に増大し、 $K-C$ 数10付近で1.4になり、平均極大揚力で求めた Bedde の $K-C$ 数の増大と共に増大する傾向と一致するがその比は2倍となっている。揚力の周波数特性を調べるため、スペクトルを求めたが、これによれば Bedde の波の2倍周波数が、揚力では卓越してくる結果と一致しているが、 $K-C$ 数の大きな10付近では、3倍周波数もかなりのエネルギー強度を有してきており、これらの結果については講演時に示したい。

