

波浪中のブイの係留索に働く張力に関する研究

大阪市立大学工学部	正員	永井荘七郎
大阪市立大学工学部	正員	小田一紀
大阪市立大学工学部	正員	角野昇八
大阪市立大学大学院	学生員	○近藤三樹郎

1. まえがき

ブイは海洋土木の分野にあって、航路標識、気象観測用など、多方面への活用が考えられる。しかしながら、波浪中におけるブイの挙動、あるいはブイの係留索に働く張力などに関する研究はまだまだ未開拓の分野が多いのが現状である。

本研究は大型ブイを対象に、まず最も簡単な場合として、合繊索による一本係留方式の場合のブイの運動、主としてその係留索に働く力積、張力を模型実験により解析した。

2. 実験設備および方法

実験には、大阪市立大学工学部河海工学研究室の風洞付波浪水槽（ $50\text{m} \times 1.65\text{m} \times 1.0\text{m}$ ）を用いた。ブイ模型としては、まず基礎的な知識を得ることを目的としたため、流体力学的取扱いの簡単な円筒形状のもの（直径 15cm 、高さ 10cm 、重量 634g ）を用いた。ブイの係留索は、ブイが完全に自由浮体としての運動ができるように、ナイロン製の“みず糸”を用いた。みず糸の直径はほぼ 1.0mm 、単位長さ重量（空中）は 0.305g/m であり、十分に細くて軽い。実験に用いた波の周期は $1.0 \sim 3.0\text{sec}$ 、波高は $10 \sim 23\text{cm}$ である。水深は 70cm で一定であり、その相対水深は $h/L = 0.1 \sim 0.45$ で、実験波は浅海波領域にある。また係留索の長さは、 91cm 、 105cm 、 140cm と変化させた。

3. 実験波浪中におけるブイの運動

ブイの係留索の自重と、その曲げモーメントへの抵抗が無視できると考えられる本実験においては、ブイは係留索が緊張する時までには、ほぼ自由浮体としての運動特性を示し、またその軌道もほぼ水粒子の軌道に一致した。しかし、ブイの軌道は波浪の質量輸送効果のために、徐々に波の進行方向にずれていく。このため、ブイの係留索はある点で突然緊張し、ブイは急激に拘束され、係留索には衝撃力が発生する。この衝撃力が作用する瞬間はほとんどの場合、ブイが波頂付近にあるときであり、またその衝撃力は全々の波について働くことはなく、かなり非周期的である。しかし、波形勾配の増大に伴い、衝撃力は各波ごとに働く傾向を示し、周期的に働くようになる。なお、実験結果の衝撃力力積の値は、最大値以下五つの値の平均値をとった。

4. 力積理論表示

ブイは波頂において、その点の水粒子速度でもって波によって運び去られる。その時、ブイには、波の進行方向に $\frac{W}{g} \cdot u$ （ W はブイの見掛重量、 g は重力加速度、 u は波頂における水粒子速度）の運動量が力積となって働くものと仮定して力積の理論値が算定できる。（図-1、参照）

図-1より、係留索に働く力積は

$$I = W \cdot u_0 \cdot \sec \theta$$

である。ここで、ブイの見掛重量 W' は次の自由浮体の関係式より求められる。

$$T_h = \sqrt{4\pi^2 \cdot W' / (g \cdot A \cdot w_0)}$$

(T_h はブイのヒュービング周期の測定値、 A はブイの水平断面積、 w_0 は水の単位体積重量)

$$\therefore I = (T_h/2\pi)^2 \cdot A \cdot w_0 \cdot u_0 \cdot \sec \theta$$

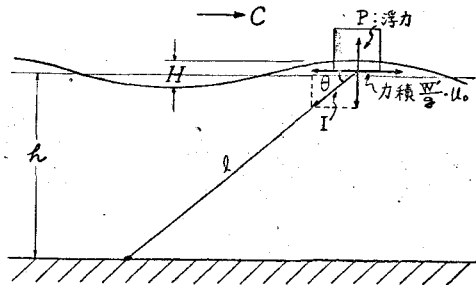


図-1

5. 実験結果

図-2に実験結果と理論値とを示した。縦軸には $I/(WT)$ (W はブイの重量、 T は波の周期) を、横軸には波形勾配をと、パラメーターとしてはロープ長と水深との比 l/H をと、む。図-2より、実験値および理論値とも波形勾配の増加に従って同じ傾向をもって増加していることがわかる。したがって、係留索に働く力積は、ブイが波頂の水粒子速度 u_0 による波の進行方向に運び去られる際のブイの持つ運動量によるものと考えられる。しかし、図-2において、実験値が理論値よりかなり小さく現われているが、これは

- i) 計算に用いた見掛重量の値 W' が真の見掛重量の値より大きいため、
- ii) 実験値における衝撃力作用機構が理論において仮定した条件を満たすことが確率的に少ないため。

などと考えられる。

図-3は同じ実験値を波高とロープ長との比 H/l をパラメーターにして整理したものである。図-3において $H/l = 0.065$ のときの $H/l = 0.110$ と、 $H/l = 0.095$ の場合の値が $H/l = 0.190$ と $H/l = 0.143$ の場合の値の中間にあり、特異な値を示しているが、これについては講演の際に発表する。

6. あとがき

本実験で用いたブイ模型は実際に用いられているブイに比べてかなり単純化されているため、解析が簡単であり、ブイの係留索に働く力のおおまかな特徴が得られた。しかし今後、より実際に近いブイ模型、係留索でもって実験を行う必要があると考えられる。また、この実験では、ブイ模型は浅海域に係留されたが、実際にはブイは深海域にも多く係留されている。今後、深海域におけるこの実験と同様の実験が必要であろう。

この研究は文部省特定研究費による研究の一部である。関係各位に謝意を表します。

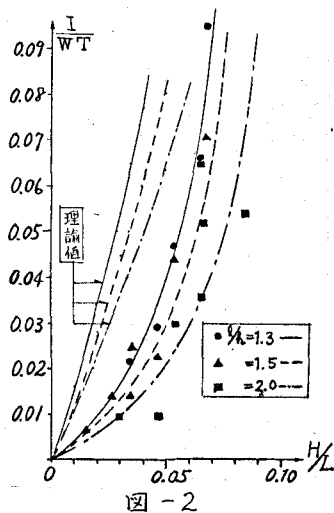


図-2

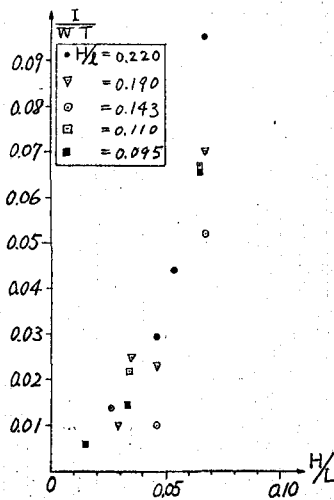


図-3