

II-74

可撓性シートによる波浪制御における  
最適初期張力について

北見工業大学工学部  
東急建設株式会社土木技術部  
北海道大学工学部  
北見工業大学工学部

正員 佐藤 幸雄  
正員 加藤 雅也  
正員 浜 中 建一郎  
学生員 永井 啓布

I. まえがき

海浜または港湾を波浪から守る防波堤などは、受身の消波構造物であるが、もっと積極的な波浪制御の方法を考えて、構造物が水面より突出していないような没水型の構造物についての研究を行った。

没水型の消波構造物の研究としては、すでに可撓性シートおよび硬質板を使用した場合の研究<sup>1)</sup>が行われ、ある程度の消波効果が得られることが分かっている。

本研究は、上述の没水型の可撓性シートの研究に沿ったものであるが、前年度の研究では可撓性シートの両端にスプリングをとりつけた場合の実験において、スプリングの初期張力が強いほど消波効果が上がる結果が得られている。その事実に基づいて、今回は波浪制御に最適なスプリングの初期張力を実験により見いだすことを試みた。さらにビデオカメラによりシートの上下運動と入射波との位相のズレについても測定して検討を行った。以下にその結果を報告する。

II. 実験装置および測定方法

造波水槽は幅 25cm, 深さ 50cm, 長さ 20m, で側壁は片面ガラス張り、他方の側壁と底面は銅板製の上に

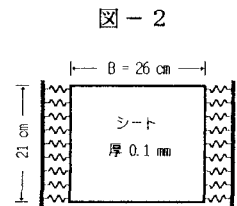
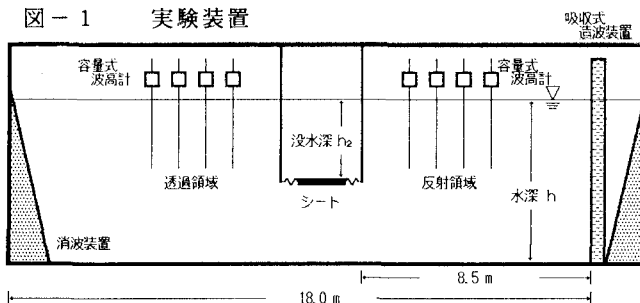
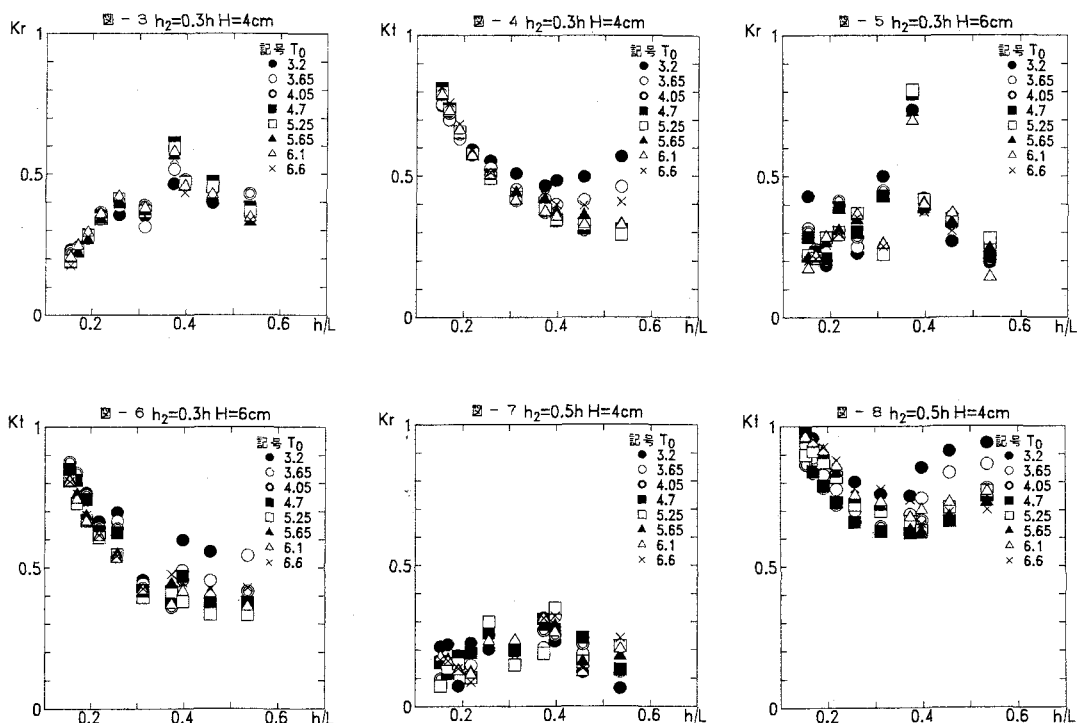


表-1 実験条件 水深  $h = 30 \text{ cm}$  シート長  $26 \text{ cm}$

| 没水深比<br>$h_2 / h$ | バネ個数<br>(片側)               | 張力 (kg)<br>$T_0$ | 実験波          |               |
|-------------------|----------------------------|------------------|--------------|---------------|
|                   |                            |                  | 周期 $T$ (sec) | 入射波高 $H$ (cm) |
| 0.3<br>(9 cm)     | 8 ( $\phi 8 \text{ mm}$ )  | 3.2              | 0.6          | 4.0           |
|                   | 9 ( $\phi 8 \text{ mm}$ )  | 3.65             |              |               |
|                   | 10 ( $\phi 5 \text{ mm}$ ) | 4.05             |              |               |
|                   | 11 ( $\phi 5 \text{ mm}$ ) | 4.7              |              |               |
| 0.5<br>(15 cm)    | 12 ( $\phi 5 \text{ mm}$ ) | 5.25             | 1.3          | 6.0           |
|                   | 13 ( $\phi 5 \text{ mm}$ ) | 5.65             |              |               |
|                   |                            | 6.1              |              |               |
|                   |                            | 6.6              |              |               |

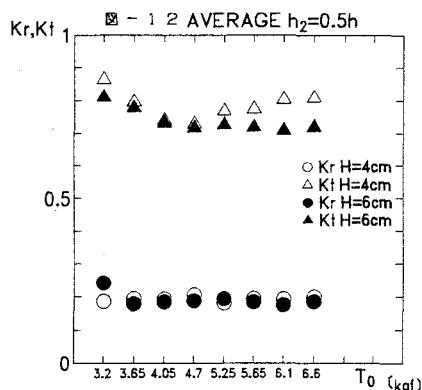
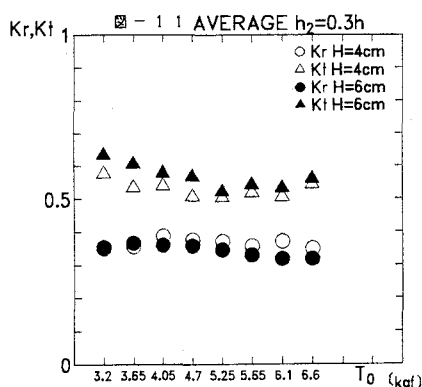
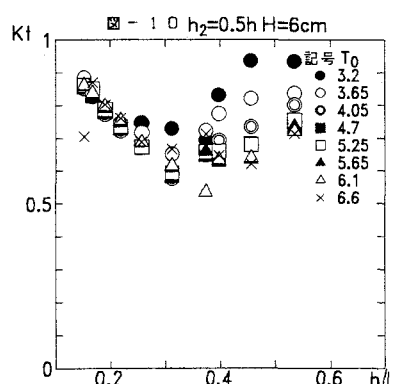
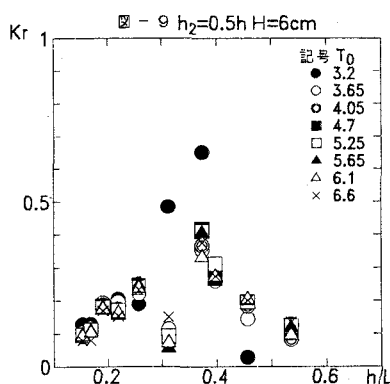
Effective initial tension of a flexible sheet in wave control structure, by Yukio SATO, Masaya KATO, Ken-ichiro HAMANAKA and Hironobu NAGAI.



塩化ビニール板を張ったものである。造波板から 9.0m の水槽中央部にアルミ製の部材で枠組みを作り実験用シートの取り付け装置とした。また造波機は吸収式造波装置を使用した。造波水槽の他端に小砂利を使用した傾斜面を作り消波帯とした。この消波帯からの反射波は入射波の約 2% 程度となっている。波高の測定には容量式波高計を使用し、図-1 に示すようにシート設置箇所の沖側（反射領域）と岸側（透過領域）の波高をそれぞれ、4 本同時に使用して測定した。測定は造波後、波動が定常状態に達してから行った。実験用シートは図-2 に示すように厚さ 0.1mm で力を加えても伸縮しない不透水性の素材の布地を使用して作り、幅 21cm、長さ 26cm の大きさで一種類のみである。実験条件は表-1 に示すように静水深を  $h=30\text{cm}$  1 種類として、シート取り付け位置すなわち、没水深  $h_2$  は静水面から 9cm, 15cm の 2 種類とした。シートの両端に取り付けるスプリングの個数は片側 8, 9, 10, 11, 12, 13 個の 6 通りで片側 8, 9 個の場合は  $\phi 8\text{mm}$  のスプリングを使用し、他は  $\phi 5\text{mm}$  のスプリングを使用した。実験時のシート取り付け長さは図-1 に示すようにスプリングの伸びを含めて軸間隔が 34.9cm とし、また片側 12, 13 個の場合はさらに張力を調整するため軸間隔 35.9cm とした場合も行うことにした。したがって、シートに加わる初期張力はそれぞれ表-1 に示すように 8 種類になり、没水深 2 種類、波高 2 種類を考えて、全部で 32CASE について実験を行った。また、実験波については周期を  $T=1.3\sim 0.6\text{sec}$  の間で 10 種類、入射波高は  $H=4.0, 6.0\text{cm}$  程度の 2 種類の実験波を使用した。シートと入射波の位相のズレの測定では、造波板から 9.0m の水槽中央部側面に設置したビデオカメラにより撮影し、記録テープを編集機によりコマ送りをして目視により測定した。

### III. 実験結果及び考察

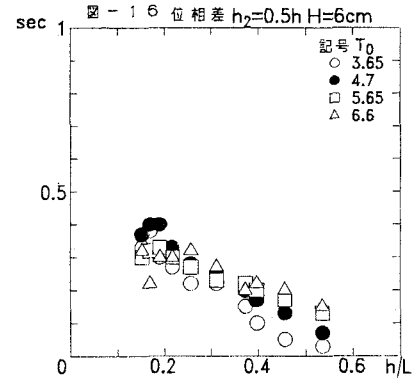
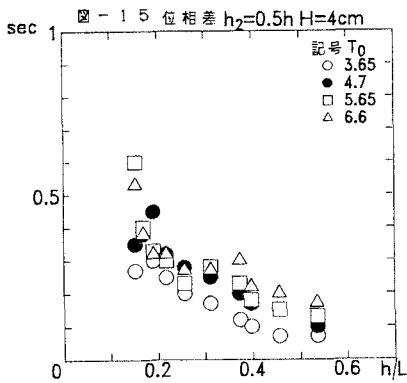
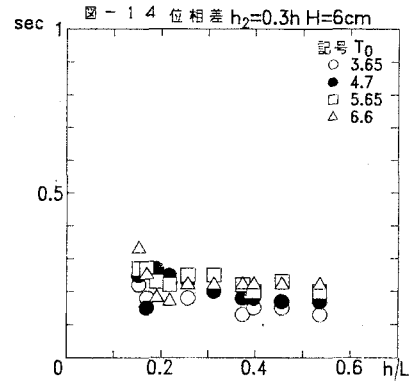
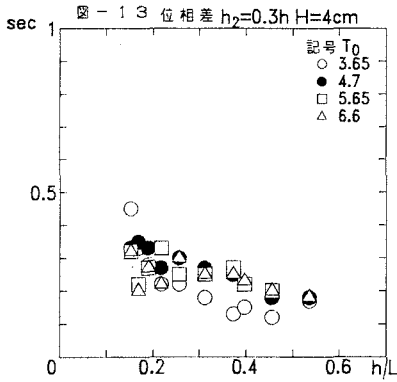
シートの設置条件と水理条件に関する各実験CASEの場合のそれぞれについて、反射領域における波高の測定記録を使用し、最小自乗法によって入射波及び反射波を分離し反射率  $K_r$  を求めた<sup>2)</sup>。また同様の方法により透過領域における波高の測定により透過率  $K_t$  を算出した。まず、図-3～図-10 は、8 種類の張力を



パラメーターとして、横軸  $h/L$  に対する反射率  $K_r$  と透過率  $K_t$  の値をプロットしたものであり、図-3, 4 は没水深  $h_2=0.3h$ 、波高  $H=4\text{cm}$  の場合である。図-5, 6 は同じ没水深の  $H=6\text{cm}$  の場合である。図-7～10 は没水深  $h_2=0.5h$  の場合の同様のグラフである。図-11, 12 では、各張力における  $K_r$ 、 $K_t$  を平均化してプロットしたものであり、図-3～図-10 のスプリングの張力と  $K_r$ 、 $K_t$  の関係をより明確に表している図である。

実験条件が  $h=30\text{cm}$ 、 $h_2=0.3h$ 、波高  $4\text{cm}$  および  $6\text{cm}$  の場合についてみると、図-3, 図-5 から各初期張力ともに  $K_r$  のピークは  $h/L=0.4$  付近 ( $T=0.75\text{sec}$ ) に集中している。図-4, 図-6 から  $K_t$  の最低もまた  $K_r$  同様に  $h/L=0.4$  付近 ( $T=0.75\text{sec}$ ) に集中している。また、入射波高が小さい  $H=4\text{cm}$  の方が  $H=6\text{cm}$  に比べて、平均的に反射率  $K_r$  は大きく、透過率  $K_t$  は小さくなり、消波効果が高くなることがわかる。図-11 で各張力における  $K_r$ 、 $K_t$  についてそれぞれの平均値をプロットしてみると、入射波高  $4\text{cm}$  及び  $6\text{cm}$  ともに、初期張力が  $4.7\text{kg}$  から  $5.25\text{kg}$  付近で  $K_r$  が大きく、 $K_t$  が小さくなっていることから、この初期張力の範囲で最も消波作用が働いていることがわかる。

実験条件  $h=30\text{cm}$ 、 $h_2=0.5h$ 、波高  $4\text{cm}$  または  $6\text{cm}$  の図-7, 図-9 から各 CASE で  $K_r$  のピークは  $h/L=0.4$  付近 ( $T=0.75\text{sec}$ ) に集中している。図-8, 図-10 から  $K_t$  の最低値は  $K_r$  の場合と同様に  $h/L=0.4$  付近 ( $T=0.75\text{sec}$ ) に集中している。図-12 を見ると、各張力における  $K_r$ 、 $K_t$  それぞれの平均値をプロットした場合は、入射波高  $4\text{cm}$  及び  $6\text{cm}$  に関してはシートの消波効果の違いは判別し難いが波高  $4\text{cm}$  の場合張力  $4.7\text{kg}$  で透過率  $K_t$  は小さい値を示し、シートの効果が現れていることがわかる。また、没水深比が  $h_2/h=0.5$  の場合は、図-11 と図-12 を比べて分かるように、没水深が深い場合は消波効果がダウンしていることと、また最適初期張力  $T_0$  が明確に現れていないと云える。



以上の測定結果より、前年度実験の成果と同様に、1) シートの没水深が浅い、2) 入射波高が小さい、3) バネの初期張力が大きい時消波効果がよく現れることが確認された。また、今回の実験研究の主旨である最適波浪制御特性と考えられるスプリングの初期張力は、4.7kg~5.25kg 付近に存在すると思われる。

また入射波とシートの位相のズレに関して、前年度の実験ではエネルギー損失に関与しているのではないかと推測されていたが、今回の実験ではそこまで追求することができなく、図-13, 14, 15, 16 から全体的に入射波とシートの運動にある位相差が生じていることが明確に分かる。しかし、入射波高の大小による違いは明確に現れていない。また、没水深が浅い場合は図-13, 14 より  $h/L$  の変化に対する位相差の勾配は緩くなっており、また、短周期に対しても位相のズレは生じている。これに対して、没水深が深い  $h_2=0.5h$  の場合は、位相差の勾配は急となっていて、周期が長いときは、位相差が大きくなり、また、周期が短くなると、ほぼシートは波の運動に合致してくると云える。しかし、位相差とスプリングの最適張力の間には明確な関係はみられなかった。今後は、さらに張力を細かく変化させて、最適波浪制御との関係を明確にする事と、位相のズレについてもその発生要因を詳しく研究して行きたいと思う。

#### 《参考文献》

- 1) 加藤雅也・渡会英明・仲倉道雄・浜中建一郎；テキスタイル消波構造物の波浪制御特性、  
海洋開発論文集, VOL.8. pp 295-300, 1992
- 2) 浜中建一郎・早野 亮・佐伯 浩；最小自乗法を用いた微小振幅波の反射率の推定について、  
土木学会第43回年次学術講演会講演概要集 pp 596-597, 1988