

1 はじめに 最近防波堤，護岸，岸壁に消波機能を持たせるため直立堤の前面にスリットを設けた，いわゆる直立消波構造に関する研究および施工が数多く見られる。従来の研究は，波長 L と遊水長 ℓ との関係を中心として消波機能が研究されており，その研究成果をそのまま現地に適用するには防波堤等の構造面より見て必ずしも適当でない。又実際の構造断面の設計に必要な前面空隙率，遊水部水深等の消波効果に関する研究例も少ない。さて，防波堤等の直立消波構造の消波機能は，1)設計波のような大きな波に対して反射率を小さくする。2)通常の波に対して反射率を小さくする。に大別出来る。1)は従来の研究成果から見ると構造物自体が大きなものとなり，経済的にも有利とは限らない。一方2)は泊地の静穏度の向上，防波堤等の前面海域での擾乱防止に効果の期待が持てるものと考えられる。そこで本実験では，港内波や外海で漁船の操業が行なわれる程度の比較的周期が短く，波高の小さい波に対して実用可能でかつ最も効果的なスリットケーソン構造を得ることを目的とした。

2 実験方法 スリットは縦形とし，遊水部奥壁は不透過とした。遊水部の構造は実際に施工が可能と考えられる柱構造を中心とし，まずスリット空隙率 ϵ と反射率を求め次に最も効果的な空隙率を用いて遊水長 ℓ と反射率の関係を求めた。更にこの結果より効果の高い組み合わせに対して遊水部水深 h_p ，遊水部上部開口率 ϵ_u ，遊水部構造（縦方向壁，二重スリット，縦壁十二重スリット）による反射率を求めた。表-1に実験条件を示す。実験は長さ30m，高さ1.5m，幅1mの規則波水路において模型縮尺1/30で行なった。波高測定は容量式波高計を用い，解析は合田等1)が提案した入射波と反射波とを分離して反射率を求める方法によった。

| 波 | 構造物 | |
|-----------------|-----------------------------|-----------------------------|
| 周期 6.0, 9.0 秒 | 設置水深(b) | -2.85 m |
| | マウンド水深(d) | -2.00 m |
| | 地体天端(H) | +6.0 m |
| | スリット空隙率(ϵ) | 0~60% |
| 波高 1.0~4.0 m | 遊水長(ℓ) | 5~20 m |
| | 遊水部水深(h_p) [*] | 2~2.15 m |
| | 上部開口率(ϵ_u) | 0, 60% |
| 水位 H.W.L.+1.5 m | 注 | |
| | 遊水部構造 | 縦方向壁 二重スリット 縦壁十二重スリット |

* 遊水部水深は実験水面からの深さ

表-1 実験条件

3 実験結果及び考察 <前面空隙率の影響> 図-1に遊水長を10.0m，遊水部水深を4m，柱構造とした場合の空隙率と反射率との関係を示す。周期6，9秒共直立壁での反射率は0.85~0.95とはほぼ完全反射しているが空隙率の増加とともに減少する傾向を示している。しかし，両周期共波高1mの場合，空隙率30%で極小値となるがそれより空隙率が大きくなると反射率も増加している。波高2，3mで周期6秒の場合30~40%で極小値となるがそれより空隙率が大きくなっても多少反射率が大きくなる程度である。周期9秒で波高2，3mの場合は空隙率が60%でもまだ減少する傾向にある。以上の原因としては，空隙率が大きくなるとともにスリット面での反射は小さくなり，かつスリット部での流入・流出の際の損失，遊水部内での乱れによって反射率は低下する。しかし小さな波の場合，ある空隙率よりも大きくなるとスリット部での損失が少ないのに加え遊水部内での乱れが少ないため反射率は K_r 大きくなる。これに対し波高の大きな波はスリット部での損失及び，遊水部内での乱れが大きいため反射率は小さくなるものと考えられる。本実験の波の範囲での効果的な空隙率は30~40%と言える。

<遊水長の影響> 図-2に遊水部水深を4m，空隙率を30，40%，柱

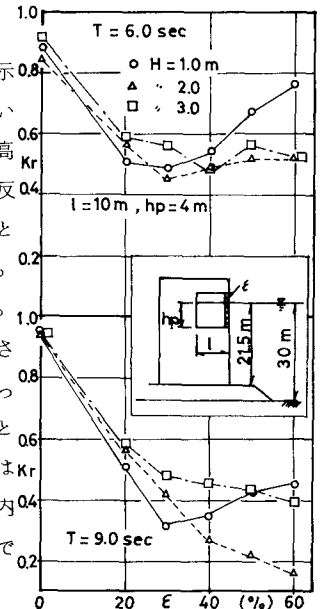


図-1

構造とした場合の遊水長と反射率との関係を示す。両周期共特定の遊水長で極小及び極大の反射率となり、周期的関係を示している。周期6秒では、 $l/L = 0.08$ で0.4となり、 $l/L = 0.26$ で0.7と極大値を示している。周期9秒では $l/L = 0.08$ で0.4と極小値を示し、 $l/L = 0.17$ で0.7となっている。この極小を示す l/L の値は従来報告されている値より小さい。これは従来の研究では遊水部水深を全水深としているのに対し本実験では4mと浅いためと考える。そこで4mの水深における波長と l との比をとると、周期6秒で0.12、9秒で0.17となり報告されている値と一致する。波高の影響は小さな波ほど遊水長による差が大きく波高の大きな波では小さい。これは大きな波では位相差による効果よりも遊水部内での乱れによる影響の方が大きいためと考える。本実験の波に効果的な遊水長は1.00mと言える。

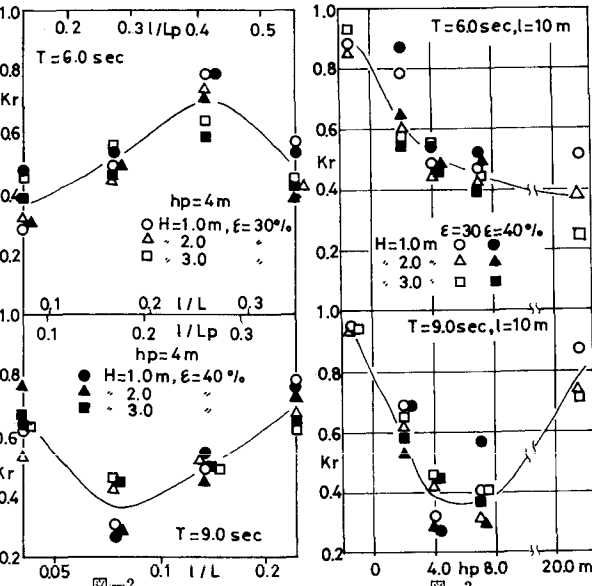


図-2

<遊水部水深の影響>

図-3に遊水長を1.00m、空隙率を30、40%、柱構造とした場合の遊水部水深と反射率との関係を示す。周期6秒で波高3mの場合、水深の増加とともに反射率は減少しているが、波高1、2mでは水深が4mより深くなってもほとんど変わらない。周期9秒の場合は各波高共水深4m又は7mで極小となるがそれより水深が深くなると反射率は大きくなる。又波高の小さな波ほど水深による反射率の変化は大きい。周期によって傾向が異なるのは、遊水長の項で述べた波長と遊水長との関係と考えられる。すなわち、水深が深くなるとともに波長は長くなり、 l/L は小さくなるが、周期6秒の時、水深2m以外は l/L の値が0.17~0.27で比較的反射率が同じ範囲であるのに対し、周期9秒では水深21.5mの時 l/L は0.09と反射率が大きくなる範囲であり、波長に比べ遊水長が不足しているためと考えられる。本実験の波に効果的な遊水部水深は4mと言える。

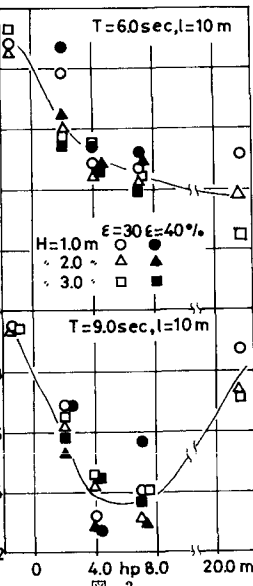


図-3

<上部開口率及び遊水部構造>

図-4に遊水長を1.00m、遊水部水深を4m、空隙率を30%とした場合の上部開口率及び遊水部構造を変えた時の反射率との関係を示す。遊水部上部を開口した波高3、4m（波高が小さい場合は遊水部に十分な空間部があるため）の場合反射率は低下し、又周期9秒の方がより低下している。遊水部構造を縦壁、二重スリット、縦壁十二重スリットと変えても柱構造の場合とほとんど変わらない。

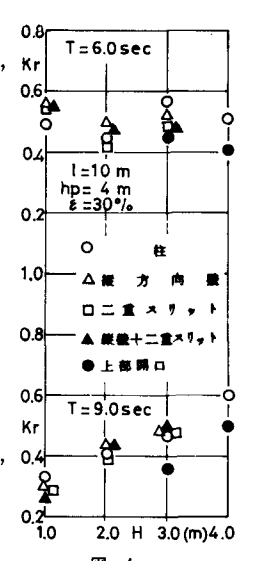


図-4

4 おわりに

今回の実験で用いた比較的短い周期で波高の小さな波に対して効果的なスリットケーンは前面空隙率30~40%、遊水長10m、遊水部水深4mの構造と考えられ、この場合直立壁の半分程度の反射率が得られる。又遊水部の構造は消波効果にさほど大きな影響を与えないと考えられるが、現地での波向の不規則性を考慮すると柱構造とするのが良いのではないかと考える。また遊水部上部を開口にすることも波高の大きな波に対しては効果がある。なお本実験は水深の深い防波堤を想定して行なっているので前面水深が浅い場合には更に検討を加える必要がある。

最後に本実験の実施ならびに解析に当っては運輸省港湾技術研究所水工部、海洋水理部の御指導、御協力を得た、ここに謝意を表します。

<参考文献> 1) 合田良他他：不規則波実験における入・反射波の分離推定法，港研資料No.248