

消波工に作用する波力の群体効果について

愛媛大学工学部 正会員 中村孝幸
愛媛大学大学院 学生員 武内裕史

1. まえがき：既に、著者らは消波工の安定性を検討する上から消波工に作用する波力の測定を行つ、その水理学的な特性の把握を行つて来た。これに引き続き、本研究は、従来十分明らかにされてつない消波工の作用波力に及ぼす群体効果について、単体時における作用波力との比較の上で実験的に検討を加えようとするものである。そして、近年消波ブロックの大型化に伴つ、消波工の安定を橋石防波堤で代表されるような群体として検討を行うが、単体として行うかには、議論の余地があるものと考えられ、本研究では単体時の消波ブロックに作用する波力の水理学的な特性についても実験的に検討したものである。

2. 実験装置並びに実験方法：本研究に使用した消波水槽は愛媛大学工学部の2次元規則消波水槽であり、一端にはフラップ式造波機が、他端には水深1:3の不透過性斜面が設置されている。そしてこの斜面上において、昨年度報告した群体時の消波工の設置位置と同様の7ヶ所の各々について昨年度と同様の消波工模型も単体として設置し、作用波力の測定を行つた。また作用せしめた波は、群体時と同様の、周期 $T=1.3 \sim 2.55 \text{ sec}$ 、波高 $H=9.18 \text{ cm}$ である。尚、本研究では斜面上の共振現象に関連すると思われる *surf-similarity-parameter* $S(\sim \tan \alpha / \sqrt{Hz_0})$ は、 $1.28 \sim 3.54$ の範囲となつてゐる。そして各波並びに各設置位置について斜面上の各方向の波力 (F_p)、垂直方向の波力 (F_N)、これら波力によるモーメント (M) を測定した。尚、各波力の零を水面が静止してゐる時と基準として以下のように定義した。

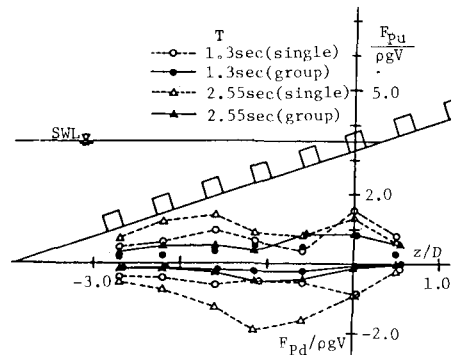
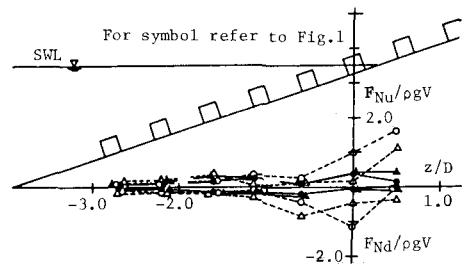
$$\begin{aligned} \left. \begin{array}{l} \text{斜面を上る方向} \leftrightarrow F_{pu} \leftrightarrow \oplus \\ \text{斜面を下る方向} \leftrightarrow F_{pd} \leftrightarrow \ominus \end{array} \right\} F_p & \left\{ \begin{array}{l} \text{斜面垂直上方} \leftrightarrow F_{Nu} \leftrightarrow \oplus \\ \text{斜面垂直下方} \leftrightarrow F_{Nd} \leftrightarrow \ominus \end{array} \right. \\ M & \left\{ \begin{array}{l} \text{斜面上方回転方向} \leftrightarrow M_u \leftrightarrow \oplus \\ \text{斜面下方回転方向} \leftrightarrow M_d \leftrightarrow \ominus \end{array} \right. \end{aligned}$$

3. 作用波力の測定結果並びにその考察

i) 作用波力の空間的変動特性：図-1, 2 は代表例として $H=9 \text{ cm}$ $T=1.3, 2.55 \text{ sec}$ の場合の群体と単体の F_p, F_N の空間的変動を示すものである。これらの図より単体の F_{pu}, F_{pd}, F_{Nd} は、群体とはほぼ同様な傾向を示しているのに対し、単体時の F_{Nu} については斜面上 $z/D=0.5$ で最大値を示すなど群体と異なつた特性が見られる。また群体と比較し単体の作用波力は明らかに大きくなつてゐるが、 $T=1.3 \text{ sec}$ の F_{Nu} に見られるように設置位置によつては、群体の作用波力が単体のそれに比し大きくなることも認められる。そして群体では *up-rush* 時による F_{pu}, F_{Nu} が *down-rush* による F_{pd}, F_{Nd} に比較し卓越してゐたものが、単体の場合、 $T=2.55 \text{ sec}$ の斜面上 $z/D=0.6 \sim 1.15$ で代表されるように逆に F_{pd}, F_{Nd} が F_{pu}, F_{Nu} に比較し卓越する位置が生じる。尚、単体の M_u, M_d は群体と同様 F_{pu}, F_{pd} とほぼ同じ傾向を示してゐたことを付記しておく。

ii) 作用波力に及ぼす群体効果

a) 各設置位置での検討：図-3, 4 は代表例として、各々 $H=9 \text{ cm}$ の場合の F_p, F_N の群体と単体における比、すなわち作用波力に及ぼす群体効果の空間的変動を周期をパラメータとして示すもので

図-1 $H=9 \text{ cm}$ の時の F_p の空間分布図図-2 $H=9 \text{ cm}$ の時の F_N の空間分布図

ある。これらの図より各設置位置において群体の作用力は、単体のそれに対し減少するものが大多数であるが、 F_{Nu} に見られるように、周期により逆に作用力の増大する位置のあることも認められる。そして群体効果として最も力の減少する位置は静水面上部 $z/D=0.5$ になることや、群体効果は周期によっても影響されることがわかる。空間最大力による検討：変形形の相違によつて同一設置位置では正確な作用力に及ぼす群体効果が得られなつたため、ここでは、各波を作用させた時に得られる力の空間的な最大値に着目し、 F_p, F_N, M の群体と単体における最大値の比(R)を求め、検討するものである。

図-5, 6は各々 $H=90cm, 180cm$ の場合について、 R の波の周期による変動を示すものである。これらの図より群体効果による力の減少が最も著しいものは、 $H=180cm, T=1.3sec$ の F_{Nu} で、 $R=0.1$ となつてゐる。逆に力増大の最も著しいものは、 $H=180cm, T=2.55sec$ の M_u で、 $R=1.32$ となつてゐる。そして総合的に群体効果として作用力の減少は、 F_p, M に比べ F_N が、 $up-rush$ に比べ $down-rush$ が、また波高が大まなほど、周期が短いほど大きくなつてゐることなどが認められる。そして周期及び設置位置によつて群体の方が単体に比し作用力が大きまつ理由として、変形形の相違、すなわち破砕巨の違ひ及び高さの違ひ等が指摘される。

iii) 作用力と共振現象：一例として、 $surf-parameter$ と F_p^* ($=F_p/(gHD)$) の関係を示すが図-7である。そして記振次元力は Hudson 公式中の安定係数 K_D の3乗根に比例するものと考えられる。ここに F_p^* は各波を作用させた時に得られる空間的な最大値を示す。この図より群体の F_{pu} は $\xi=2 \sim 3$ の間で増大しており、Brunnら⁴が示す $\xi=2 \sim 3$ の間で K_D が減少するのと一致し、共振現象によつて F_{pu} は増大するものと考えられる。しかし単体の F_{pu} は ξ が増加するに連れて減少し、群体時とはかなり異なることが言える。

4. 結論：以上より、i) 波が作用する力は、群体の方が単体に比し各設置位置において大多数減少するが、周期により逆に増大する場合もあることが認められた。ii) 作用力の空間的な最大値に着目すると、群体効果による作用力の減少は、 F_N 及び $down-rush$ 時の力について大きまつことが判明した。またその減少効果は、波高が大まなほど、周期が短いほど大きくなることなども実験的に明らかにされた。

<参考文献>

- 1) 中村, 武右, “消波工に作用する力について”, 第34回土木学会 中四国年講, 1982年

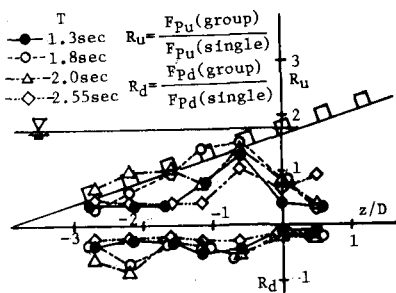


図-3 $H=90cm$ の時の F_p の群体効果の空間分布図

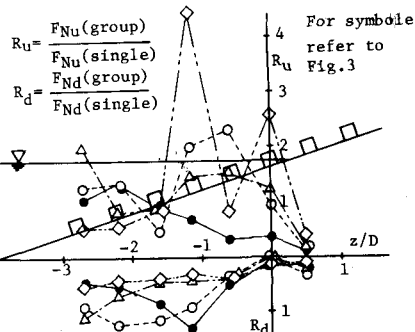


図-4 $H=90cm$ の時の F_N の群体効果の空間分布図

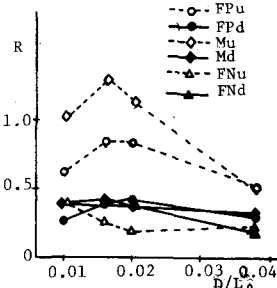


図-5 $H=90cm$ の時の F_p, F_N, M の最大値における群体効果

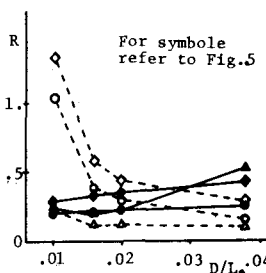


図-6 $H=180cm$ の時の F_p, F_N, M の最大値における群体効果

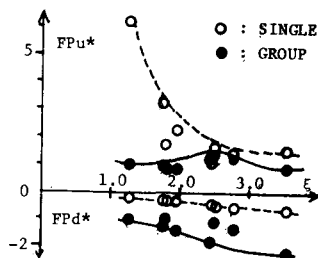


図-7 F_p と ξ の関係