

潜水圧気浮体上の碎波限界に関する研究

名古屋大学工学部 正 岩田好一朗 名古屋大学大学院 学 金 度 参
 名古屋大学大学院 学○浅井 正 名古屋大学工学部 学 前田祥郎

1. はじめに：浮遊式構造物による波の変形や運動の特性を解明しようとした研究は数多く行われているが、その解析手法の多くはポテンシャル理論にもとづくものであり、また実験的に消波特性を取り扱う場合でも、反射率や透過率の議論にとどまり、構造物上の碎波を詳述しているものはほとんどない。浮体の場合、その運動は碎波の有無に大きく支配され、碎波時に非線形な挙動を示すことがこれまでの研究¹⁾により明らかにされている。これは浮体係留索に加わる張力に非常に大きなスナッフ荷重を発生させる原因にもなっている。また、浮遊式構造物を消波工として用いる場合、浮体による碎波の特性が重要となる。そこで本論では浮遊式構造物として潜水圧気浮体を取りあげ、潜水圧気浮体上での碎波の特性について、水理実験の結果にもとづき検討を加えるものである。

2. 水理実験：実験は名古屋大学土木工学科水理実験室の片面ガラス張り二次元鋼製水槽(長さ25mx幅0.7mx高さ0.95m)で行なわれた。実験に使用した浮体はアクリル製で長さ68cmx高さ34cm、幅40cmx高さ32cmの内部圧気室を持つものである。係留索はφ3mmワイヤロープで底面と45°をなすようにした。水深は60cmで一定とし、潜水深Q(静水面から浮体上面までの高さ)を6cm, 9cm, 12cmの3種類、圧気室高さd(圧気室内の静水面から圧気室の上面までの高さ)を6cm, 9cm, 12cmの3種類変化させた。作用波はすべて規則波であり周期を0.7~1.3秒の間で7種類変化させ、それぞれの波について波高を数種類ずつ組合せ全320ケースの実験を行った。各ケースにおいて水位と流速を容量式水位計と電磁流速計を使って計測し、浮体の運動を16mm高速シネカメラとビデオを使って撮影した。

3. 実験結果および考察：実験によると、水路内を進行する波は多くの場合急激な水深変化のため浮体上面を通過するときに碎波する。そして、潜水深Qが小さいほど碎波が生じやすい。したがって浮体の潜水深が小さいものほど限界波形勾配が小さくなることが推測される。このことは図-1より確かめることができる。この図は実験データのうち碎波時の H_b/L_b と Q/L_b の関係を、 Q/h をパラメタとして表示したものである。なお、添え字bは碎波時の値を示し、 L_b は微小振幅波理論により求めた。図中の実線と破線は従来より用いられている碎波指標を比較のために示したものであり、それぞれ次式で与えられる。

$$\frac{H_b}{L_b} = 0.142 \tanh \left(\frac{2\pi Q}{L_b} \right) \quad : \text{Miche の碎波指標}$$

$$\frac{H_b}{Q} = 0.826 \quad : \text{山田らの碎波指標}$$

ここで、 H, L ：入射波の波高および波長であり、静水深 h の代わりに潜水深 Q を使った。これらの曲線は、浮体下部の遊水域や浮体の運動による影響を無視しているのにも拘らず、実験結果と定性的に一致しており浮体の潜水深が浮体上での碎波を支配する最も重要なパラメタの一つであることを示している。係留浮体の場合、固定浮体に比べて実験値のばらつきが大きい、これは浮体の運動により潜水深が常に変化するためであると考えられる。

浮体上でみられた碎波形式はほとんどが spilling と surging であったが、運動が大きい場合、浮体上部の状態によって、碎波の状況が波ごとに变化する様子が認められた。とくに、roll が大きな場合には波の谷の通過時に浮体上面の傾斜によって戻り流れに似た流れが生じ、斜面上の碎波のような形式になることもある。そこで浮体の運動と碎波の様子の関係を明らかにする必要がある。浮体の運動は圧気室内の空気量を調節し係留索にかかる初期張力を増減させることにより制御でき、 d/D (D : 浮体の高さ) が小さいときに浮体の運動が増大することが明らかとされている¹⁾。そこで H_b/H_0 と H_0/L_0 の関係を d/D をパラメタにして

図-2に示した。なお、図中の実線は次式に示す碎波指標である。

$$\frac{H_b}{H_0} = \frac{1}{3.3 \sqrt[3]{H_0/L_0}} \quad : \text{Munkの碎波指標}$$

同図より、浮体の運動が大きくなる(d/D が小さくなる)と碎波限界波高が大きくなる傾向がみられる。これは固定された場合と比べ浮体上での急激な水深変化が緩和されること、波のエネルギーの一部が浮体の運動により岸側に伝搬されるために、浮体の上下面を通過するエネルギーが小さくなり波高の増加量が抑えられること、などによるものと考えられる。図中のデータにおいて、運動が大きな場合(図-2 (b), (c))でも碎波限界波高が小さくなり運動の小さい場合(図-2 (a))と同程度になっているものがみられるが、これは係留浮体上の碎波が時間的に変化していることによると考えられる。すなわち碎波限界付近では碎波する波より碎波しない波の方が多い場合もあり、全ての波で碎波が生じる場合に比べて、碎波限界波高は小さくなったためである。したがって、浮体の運動と関連づけながら、碎波の生起確率を含む形の碎波基準を定義する必要がある。

4. あとがき: 以上より潜水した浮体の上で生じる碎波は潜水深により強く支配され、潜水深を小さくすると限界波形勾配は小さくなることが確認された。また、浮体の運動により上面での碎波は時間的に変化する場合があることを示し、このときの碎波基準について検討の必要があることを指摘した。今後、浮体の上で生じる碎波の形式の分類を行い個々の形式について碎波機構と支配要因を検討するとともに、潜水圧気浮体の消波特性についてさらに議論していく所存である。

<参考文献>

1) 上田敏隆: 潜水圧気型緊張係留浮体の波浪動揺特性と波の変形, 名古屋大学修士論文(1989)

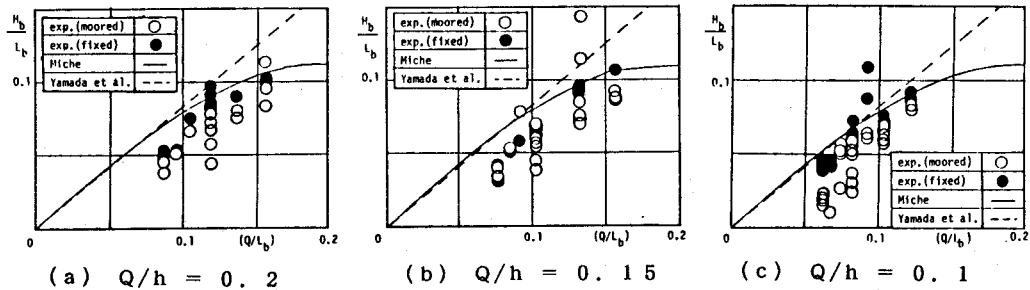


図-1 潜水深による特性

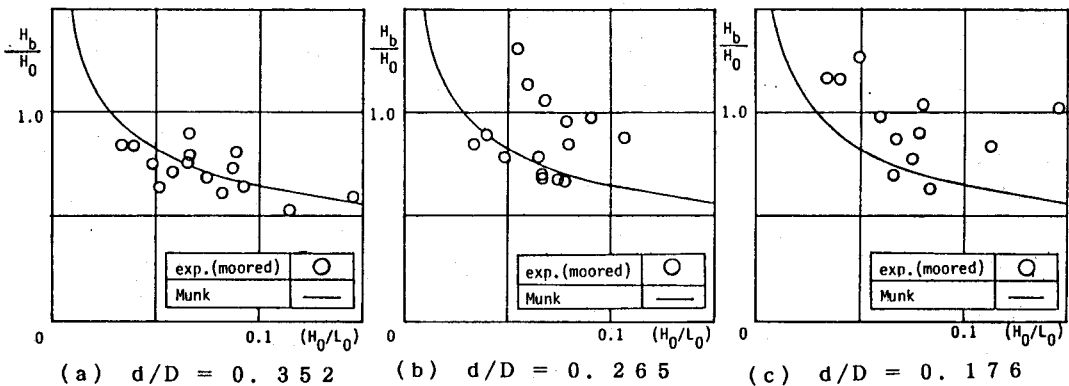


図-2 浮体の運動による特性